Sammlung Göschen

Geologie

von

Dr. Eberhard Fraas

Mit 16 Abbildungen u. 4 Tafeln

mit über 50 Figuren.

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

17 **Aufsatz-Entwürfe** v. Prof. Dr. L. W. Straub.

18 **Menschliche Körper,** der. v. Realschuldir. Rebmann, mit Gesundheitslehre. Mit 48 Abbild.

31 **Deutsche Litteraturgeschichte** von Max Koch, Professor an der Universität Breslau.

32 **Deutsche Heldensage** von Dr. O. L. Jiriczek. Mit 3 Taf.

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

33 **Deutsche Geschichte** im Mittelalter von Dr. F. Kurze.

36 **Herder, Cid.** Herausg. von Dr. E. Naumann.

37 **Chemie, anorganische** von Dr. Jos. Klein.

38 **Chemie, organische** von Dr. Jos. Klein.

39 **Zeichenschule** mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 135 Voll- und Textbildern von K. Kimmich.

40 **Deutsche Poetik** von Dr. K. Borinski.

41 **Geometrie** von Prof. Mahler. Mit 115 zweifarb. Fig.

42 **Urgeschichte der Menschheit** von Dr. M. Hörnes. Mit 48 Abbildgn.

43 **Geschichte des alten Morgenlandes** von Prof. Dr. Fr. Hommel. Mit 6 Bildern und 1 Karte.

44 **Die Pflanze,** ihr Bau u. ihr Leben v. Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen.

45 **Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch. Mit 7 Vollbildern.

46 **Das Waltharilied** im Versmaße der Urschrift übersetzt u. erl. v. Prof. Dr. H. Althof.

47 **Arithmetik u. Algebra** von Prof. Dr. H. Schubert.

48 **Beispielsammlung zur „Arithmetik u. Algebra"** von Prof. Dr. H. Schubert.

49 **Griechische Geschichte** von Prof. Dr. H. Swoboda.

50 **Schulpraxis** von Schuldirektor R. Seyfert.

51 **Mathem. Formelsammlung** v. Prof. O. Bürklen. Mit 17 Fig.

52 **Römische Litteraturgeschichte** von Herm. Joachim.

53 **Niedere Analysis** von Dr. Benedikt Sporer. Mit 5 Fig.

54 **Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbild. und 7 Tafeln.

55 **Das Fremdwort im Deutschen** von Dr. Rud. Kleinpaul.

56 **Dtsche. Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther.

57 **Perspektive** v. Hans Freyberger. Mit 88 Fig.

58 **Geometrisches Zeichnen** von Hugo Becker. Mit 282 Abb.

59 **Indogermanische Sprachwissenschaft** von Prof. Dr. R. Meringer.

60 **Tierkunde** v. Dr. Franz v. Wagner. Mit 78 Abbild.

61 **Deutsche Redelehre** von Hans Probst. Mit einer Tafel.

62 **Länderkunde v. Europa.** Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Von Professor Dr. Franz Heiderich.

63 **Länderkunde der außereurop. Erdteile.** Mit 11 Textkärtchen u Profilen. V. Prof. Dr. Franz Heiderich.

64 **Kurzgefaßtes Deutsches Wörterbuch.** Von Dr. F. Detter.

65 **Analytische Geometrie der Ebene** von Prof. Dr. M. Simon. Mit 40 Fig.

66 **Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker.

67 **Russisches Lesebuch** von Dr. Erich Berneker.

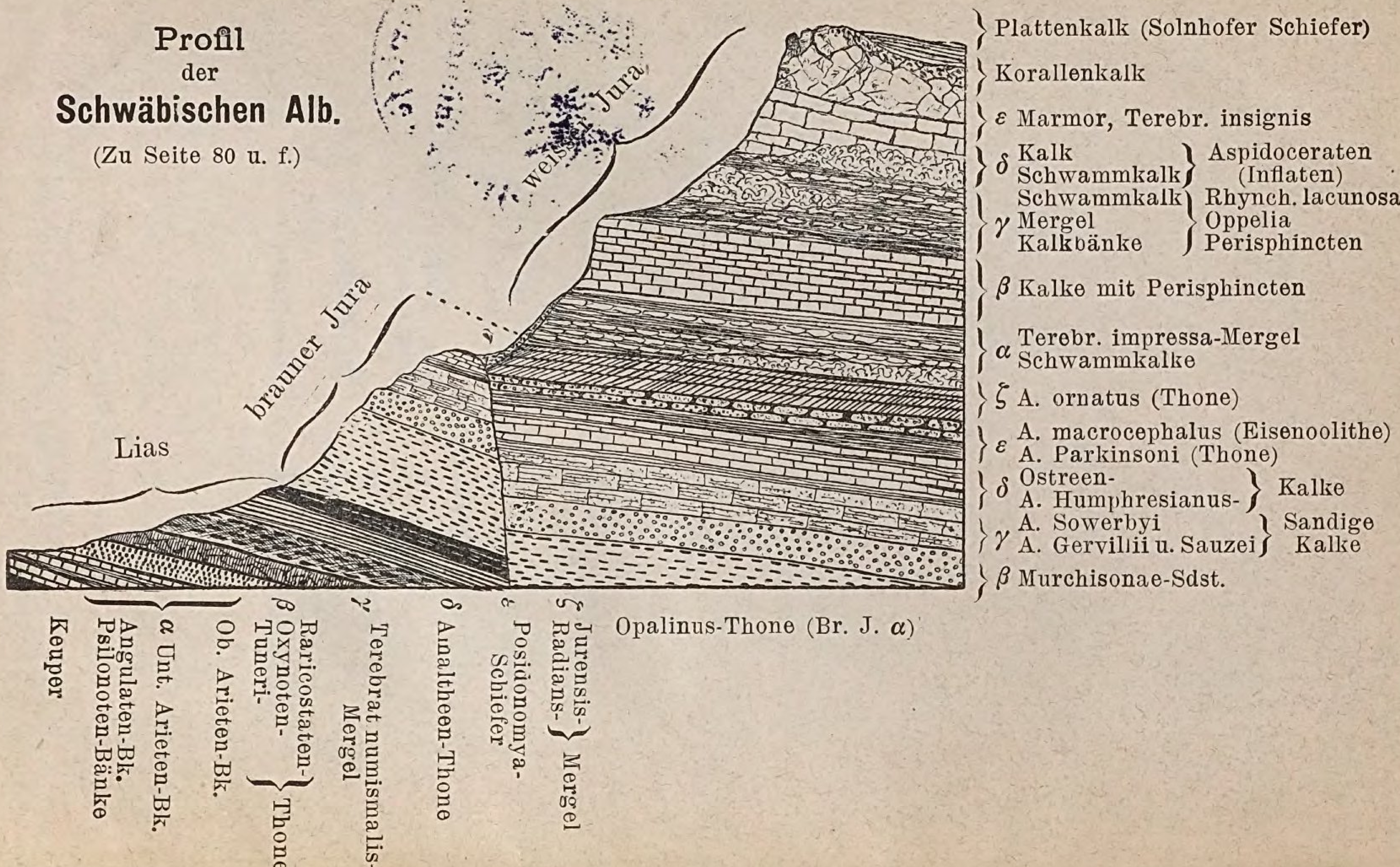
68 **Russisches Gesprächbuch** von Dr. Erich Berneker.

69 **Englische Litteraturgeschichte** von Prof. Dr. Karl Weiser.

70 **Griechische Litteraturgeschichte** von Prof. Dr. Alfred Gercke.

Wenden!

Profil
der
Schwäbischen Alb.
(Zu Seite 80 u. f.)



Sammlung Göschen

Geologie

in kurzem Auszug

für Schulen und zur Selbstbelehrung

zusammengestellt von

Dr. Eberhard Fraas

Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit über 50 Figuren

Zweite Auflage

Dritter Abdruck

Leipzig

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung

1898

Druck und Einband von Carl Rembold & Co. in Heilbronn.

Vorwort
zur zweiten Auflage.

Die rasche und günstige Aufnahme, welche die erste Auflage meiner „Geologie" gefunden hat und die eine zweite Auflage nötig macht, beweist mir, daß ein derartiges billiges geologisches Werkchen in der That einem Bedürfnisse entsprochen hat, und mit Vergnügen unterziehe ich mich der Arbeit, die neue Auflage vorzubereiten.

Diese zweite Auflage erscheint gegenüber der ersten erheblich verbessert und vermehrt, nicht als ob sich in der kurzen Zeit wesentliche Änderungen in den Anschauungen der Geologen ergeben hätten, dagegen konnten einige berechtigte Ansprüche erfüllt werden, welche in den Besprechungen der Fachzeitschriften geltend gemacht worden sind.

In erster Linie wurden 4 Tafeln mit über 50 Abbildungen von Versteinerungen gezeichnet, welche die im Texte angeführten paläontologischen Begriffe und die notwendigen lateinischen Namen der Versteinerungen veranschaulichen sollen. Außerdem wurden auch die bei den Mineralien und einfachen Gesteinen gebräuchlichen chemischen Zeichen durch eine beigefügte Tabelle erklärt.

Kleinere und größere Änderungen im übrigen Texte endlich sollen teils einige sprachliche Ungenauigkeiten und die unvermeidlichen Druckfehler möglichst ausmerzen, teils wurden auch einzelne Theorien und Anschauungen etwas weiter ausgeführt und klarer dargestellt.

Noch bleibt es mir übrig, einige Worte der Rechtfertigung über die Art und Weise der Behandlung des Stoffes beizufügen, welche von verschiedenen Seiten angegriffen und als allzu trocken und systematisch bezeichnet wurde. Es wäre für mich freilich

leichter und für den Leser unterhaltender und angenehmer gewesen, in der Art von Geikies Leitfaden der Geologie von einzelnen Vorkommnissen, die in der Natur vom Laien beobachtet werden können, auszugehen und von diesen aus auf die wissenschaftlichen Theorien überzuleiten, aber ich habe diesen Weg aus verschiedenen Gründen nicht eingeschlagen Erstens liegen derartige Bücher bereits in Menge vor, und hätte ich nur die Anzahl der Beispiele vermehren und ändern können, zweitens wäre das Werkchen bei einer einigermaßen ausführlicheren Behandlung des Stoffes viel zu umfangreich geworden und es hätte außerdem der sehr wichtige Abschnitt der historischen Geologie oder Formationslehre fast ganz vernachlässigt werden müssen. Der wichtigste Grund für mich lag aber darin, daß ich einen ernsteren wissenschaftlichen Weg auch für eine derartige kurze und gedrängte Übersicht begehen wollte, denn die Geologie soll auch an den Schulen und von dem Liebhaber nicht ausschließlich als Spielerei betrachtet werden, sondern es soll ein Überblick über das Ganze, nicht bloß über einzelne leicht faßliche Bruchstücke, das Auge und das Verständnis für diese schwierige aber doch so fesselnde und interessante Wissenschaft eröffnen.

Freilich mußte ich bei der großen Masse des Stoffes manches als bekannt voraussetzen, was vielleicht dem ersten Anfänger noch fremd ist; das wird aber in keinem naturwissenschaftlichen Werke ganz zu vermeiden sein, denn die Naturwissenschaften bilden zusammen ein Ganzes, dessen einzelne Gebiete auf das engste miteinander verbunden sind und ineinander eingreifen. Teilweise muß ich es hier dem Lehrer überlassen, mit Erklärung und Erläuterung nachzuhelfen, teils verweise ich auf die anderen zahlreichen und ganz ähnlich behandelten Werke der Sammlung Göschen*).

Ich rufe auch dieser zweiten Auflage ein fröhliches „Glück auf" zu und hoffe, daß sie dazu beiträgt, das Interesse und die Freude an den Aufgaben der Geologie zu verbreiten und zu vermehren.

Stuttgart, August 1892.

Dr. Eberhard Fraas.

---

*) Vergl. hierüber: Physikalische Geographie von S. Günther (Sammlung Göschen Nr. 26). — A. F. Möbius, Hauptsätze der Astronomie von H. Cranz (Sammlung Göschen Nr. 11).

Inhaltsverzeichnis.

Die Geologie oder Erdgeschichte umfaßt alle Untersuchungsgebiete, welche sich mit unserer Erde befassen, und es ist daher schwierig, in einem so kleinen Raum alle wichtigen Punkte aus dieser Wissenschaft zusammenzudrängen. Es kann sich deshalb hier auch nicht um eine ausführliche Schilderung oder ein näheres Eingehen in einzelne Untersuchungsgebiete handeln, sondern es ist nur in möglichster Kürze ein Bild von den Aufgaben und den Resultaten der Geologie zu entwerfen.

Ein Gesamtbild von unserer Erde sich zu machen, ist sehr schwierig, denn dabei müssen nicht nur die pflanzlichen und tierischen Bewohner, die Verteilung von Festland und Meer in Betracht gezogen werden, sondern es knüpfen sich daran auch sofort die Fragen über die Zusammensetzung, den Aufbau und die Bildung der Erdoberfläche, sowie über die Entwicklung ihrer Bewohner. Alles das sind Fragen, welche in das Gebiet der Geologie fallen, und auf welche sie auch in vielen Fällen genügende und sichere Auskunft geben kann. Freilich gibt es auch eine Reihe von Problemen, auf welche nur mit Theorien und Hypothesen geantwortet werden kann; daß aber auch diese jetzt noch ungelösten Probleme in nicht mehr allzulanger Zeit eine befriedigende Erklärung finden, ist zu erwarten,

denn unsere Wissenschaft ist eine sehr jugendliche und täglich mehren sich die Resultate, welche einen Beitrag zu dem Gesamtbild der Erdgeschichte liefern.

Um der Aufgabe eines kurzen Überblickes gerecht zu werden, läßt sich das Thema folgendermaßen einteilen: Wir betrachten zunächst die Erde als Ganzes und dann die einzelnen Bestandteile, d. h. das Material, aus welcher sie besteht. Als nächste Fragen werden sich ergeben die Ansichten über die Entstehungsweise dieses Materiales und die Verwendung desselben bei der Bildung der heutigen Erdoberfläche. Zum Schlusse muß sich sodann der eigentlich geschichtliche Teil anschließen, welcher von der Aufeinanderfolge der einzelnen Erdperioden und der Entwicklung der Tier- und Pflanzenwelt handelt.

Es wird bekanntermaßen angenommen, daß die Erde wie die anderen Planeten sich in gasförmigem Zustand von der Sonne abgelöst habe, um nun als selbständiger Weltkörper, aber immer noch in Abhängigkeit von ihrem Entstehungspunkt, im Weltraum zu schweben. Es ist dieser Ursprung der Erde zwar nur eine Hypothese, aber diese wird zur größten Wahrscheinlichkeit gemacht, da eine Reihe von Erscheinungen mit ihr in vollem Einklang stehen, die sich auf andere Weise kaum erklären ließen (Kreislauf der Erde um die Sonne, Verhältnis zu den anderen Planeten, Abplattung an den Polen).

Die ursprünglich gasförmige Kugel mußte sich schließlich im Weltraum von außen her abkühlen, und die ursprünglich gasförmigen Elemente begannen in glutflüssigen Zustand überzugehen, bis auch dieser schließlich dem festen Zustande wich. So bildete sich die erste Erstarrungskruste der Erde, welche mit der Zeit immer mehr an Dichtigkeit

zunahm. Auch heutzutage ist die Erde noch keineswegs vollständig erstarrt, sondern die glutflüssigen Lavamassen der Vulkane, die heißen Quellen und Geysirs, wie die Beobachtungen in Bohrlöchern und Bergwerken, welche eine stetige Zunahme der Temperatur nach der Tiefe ergeben, beweisen uns mit Sicherheit, daß im Erdinnern noch Verhältnisse herrschen, unter denen die Gesteine sich in flüssigem, vielleicht sogar in gasförmig überhitztem Zustande befinden.

Die Erstarrung ging aber nicht ruhig vor sich, indem jedes Element für sich erstarrt wäre, sondern sie war verbunden mit großartigen und komplizierten chemischen Prozessen, als deren Endresultat uns jetzt die Mineralkörper entgegentreten. Die Untersuchung der Mineralien und ihrer Eigenschaften ist Aufgabe der Mineralogie und muß hier als bekannt vorausgesetzt werden. Unsere Aufgabe ist es dagegen, das gesetzmäßige Zusammentreten der Mineralbestandteile zu Gesteinen kennen zu lernen, um einen Überblick über das Material zu bekommen, aus welchem sich die Erdkruste aufbaut. Die Wissenschaft, welche sich mit der Gesteinslehre befaßt, ist die Petrographie. Ihre Untersuchungen werden teils auf chemischem, teils auf krystallographischem Wege durchgeführt, und zur Auflösung der Gesteine in ihre Mineralbestandteile dient vor allem das Mikroskop.*)

Man unterscheidet unter den Gemengteilen der Gesteine wesentliche Bestandteile, d. h. solche, welche für den

*) Zu diesem Zwecke müssen von den Gesteinen sogen. Dünnschliffe, d. h. so dünne Plättchen angefertigt werden, daß sie vollständig durchsichtig sind, da eine bedeutende Vergrößerung unter dem Mikroskop nur bei durchfallendem, nicht wie bei der Lupe bei auffallendem Lichte möglich ist.

betreffenden Gesteinscharakter maßgebend sind und in demselben nie fehlen, und accessorische Bestandteile, welche nur gelegentlich und auf Lokalitäten beschränkt in dem betreffenden Gestein vorkommen. Diese accessorischen Bestandteile treten gewöhnlich in Form von Krystallen oder Körnern in dem Gestein auf, ballen sich häufig auch zu größeren Putzen zusammen und können unter Umständen in solcher Menge ausgebildet sein, daß sie die wesentlichen Bestandteile bei weitem überwiegen und so dem Gesteinstypus einen ganz verschiedenartigen Charakter aufprägen. Man bezeichnet solche Ausbildungen als Gesteinsvarietäten.

Wir können die Gesteine von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten, indem wir entweder ihre Bildungsweise (Petrogenese) als Ausgangspunkt nehmen, oder indem wir sie auf ihre Zusammensetzung (Petrographie) prüfen. Im ersteren Falle erhalten wir 2 Hauptgruppen:

1. Gesteine von massiger Struktur, die als feuerflüssige Massen aus dem Erdinnern emporgedrungen sind, sog. Eruptivgesteine.

2. Mehr oder minder deutlich geschichtete Gesteine, die ihre Bildung auf wässerigem Wege durch Meeresablagerungen 2c. durchgemacht haben — sog. Sedimentärgesteine.

Der zweite (petrographische) Weg läßt uns 3 Gruppen von Gesteinen unterscheiden, welche natürlich teils Eruptivgesteinen teils Sedimentärgesteinen angehören können.

1. Einfache Gesteine, die nur aus einer einzigen Mineralsubstanz bestehen.

2. Gemengte Gesteine, die aus einem Gemenge mehrerer Mineralsubstanzen zusammengesetzt sind.

3. Trümmergesteine (klastische Gesteine), welche

zum großen Teile aus losen oder verkitteten Trümmern und aus erdigen oder sandigen Überresten anderer Gesteine gebildet sind.

Einfache Gesteine*).

Eis (Wasser H_2O). Das aus Schnee entstandene Gletschereis bildet sowohl wegen seines massenhaften Auftretens, als auch wegen seiner umwälzenden Kraft einen überaus wichtigen geologischen Faktor von der Diluvialzeit ab bis zur Jetztzeit.

Quarz (Kieselsäure SiO_2) ist eines der häufigsten Mineralien und tritt in der verschiedenartigsten Form auf. Er bildet wesentliche Bestandteile der meisten krystallinischen Schiefer, der Granite, Quarzporphyre, Quarzdiorite, sodann der Sandsteine und der meisten Thonschiefer. In den Hohlräumen und Gängen krystallisiert Quarz häufig aus (Bergkrystalle), aber auch im vulkanischen Gestein sind die Krystalle nicht selten ringsum ausgebildet (porphyrische Ausbildung). Tritt der Quarz in großen Massen auf, so ist er in die einfachen Gesteine einzureihen; so der Quarzit, eine körnige bis dichte Quarzmasse zum Teil wohl geschichtet, und der Kieselschiefer, meist schwarzes, dichtes, dünnschiefriges Quarzgestein, beide in den älteren Schiefern vorherrschend. Feuerstein, Hornstein, Jaspis sind nicht selten Begleiter der Kalkformationen, dazu treten noch aus der Gruppe der Opale oder Kieselsäure-Hydrate in den jüngeren Formationen die Absätze heißer Quellen, sog. Kieselsinter, und die meist phytogenen Polierschiefer und Kieselgure.

---

*) Tabelle der chemischen Zeichen 2c. siehe S. 14.

Tabelle der chemischen Zeichen und Atomgewichte.

Zum leichteren Verständnis mögen hier die wichtigsten Elemente und ihre chemischen Zeichen, wie sie im Texte angeführt sind, zusammengestellt sein:

		chem. Zeich.	Atomgew.			chem. Zeich.	Atomgew.
Wasserstoff	=	H	1	Magnesium	=	Mg	24
Aluminium	=	Al	27,4	Mangan	=	Mn	55
Antimon	=	Sb	122	Natrium	=	Na	23
Arsen	=	As	75	Nickel	=	Ni	58
Barium	=	Ba	137	Phosphor	=	P	31
Blei	=	Pb	207	Platin	=	Pt	198
Bor	=	B	11	Quecksilber	=	Hg	200
Brom	=	Br	80	Sauerstoff	=	O	16
Calcium	=	Ca	40	Schwefel	=	S	32
Chlor	=	Cl	35,5	Silber	=	Ag	108
Chrom	=	Cr	52,2	Silicium	=	Si	28
Eisen	=	Fe	56	Stickstoff	=	N	14
Fluor	=	Fl	19	Strontium	=	Sr	88
Gold	=	Au	197	Titan	=	Ti	50
Jod	=	J	127	Wismut	=	Bi	210
Kalium	=	K	39	Wolfram	=	W	184
Kobalt	=	Co	59	Zink	=	Zn	65
Kohlenstoff	=	C	12	Zinn	=	Sn	118
Kupfer	=	Cu	63,4	Zirkonium	=	Zr	89,6

Die in der Natur als Mineralien vorkommenden Verbindungen dieser Elemente hier aufzuzählen, liegt außerhalb des Rahmens unserer Geologie; sie werden in einem eigenen Bande der Sammlung Göschen behandelt werden, der sich ausschließlich mit der Mineralogie beschäftigt.

Eisenerze. Die Eisenverbindungen treten in allen Gesteinen in großer Menge auf und verleihen denselben bei der Verwitterung meist die rostig braune Färbung. Manchmal bilden die Eisenerze mächtige Ablagerungen und sind deshalb als einfache Gesteine aufzuführen. Hierher gehört der Brauneisenstein ($Fe_4 O_3 [H O]_6$) (Rasenerz und Bohnerz), Roteisenstein ($Fe_2 O_3$) besonders häufig als mächtige Eisenoolithe entwickelt, Magneteisenstein ($Fe_3 O_4$) teils in großen Lagen in den archäischen Formationen, teils als accessorischer Bestandteil fast aller massigen Gesteine und der krystallinischen Schiefer. Spateisenstein und Thoneisenstein, die kohlensaure Verbindung des Eisens ($Fe C O_3$ mit Verunreinigungen durch Ca, Mg, Mn und Thon) findet sich bald in Gängen ausgeschieden, bald selbständige Stöcke bildend.

In ähnlicher Weise oder mit den Eisenerzen verbunden treten die Mangan- und Titanerze auf.

Steinsalz, (Na Cl.) Das Chlornatrium findet sich in allen sedimentären Formationen, wo es sich durch Verdunstung des Meerwassers niedergeschlagen hat*). In der Regel ist es nicht vollständig rein, sondern verunreinigt durch Anhydrit (Salzthon), dazu treten in den oberen Lagen (z. B. Staßfurt) noch eine Reihe anderer Verbindungen, Chorkalium oder Sylvin, Chlorcalcium und Chlormagnesium (Carnallit). Die Mächtigkeit der Salzlager ist oft eine

---

*) 1 Kilo Meerwasser enthält:

Chlornatrium	27,18	Chlorkalium . .	0,61
Chlormagnesium . . .	3,35	Brommagnesium .	0,05
schwefelsaure Magnesia	2,27	doppelkohlens. Kalk	0,04
schwefelsauren Kalk . .	1,27		34,77 Gramm.

ganz enorme; bei Sperenberg (unweit Berlin) über 1300 m, bei Wieliczka stellenweise über 1400 m*).

Das häufigste Carbonat ist der kohlensaure Kalk ($CaCO_3$), Kalkspat und Kalkstein, welcher den größten Teil der Sedimentärformationen bildet. Je nach der Struktur und Verunreinigung durch Thon unterscheidet man eine Reihe von Varietäten. Marmor oder körniger Kalk tritt meist in in den alten Formationen auf; gemeiner Kalkstein ist von sehr feinem Korn und gewöhnlich durch fremde Mineralsubstanzen (Thon, Kieselsäure, Dolomit, Eisen und Bitumen) verunreinigt und gefärbt. Nach der Struktur läßt sich dichter, oolitischer (aus kleinen rundlichen Körnern zusammengesetzt, Rogensteine), poröser (Kalktuff) und erdiger (Kreide) Kalkstein unterscheiden. Im Kalkgestein finden sich am häufigsten und schönsten die Versteinerungen erhalten.

Dolomit. Verschiedenartige Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde ($CaMgCO_3$). Auftreten weniger häufig als Kalkstein, aber in derselben Weise und mit diesem verbunden. Die porösen zelligen Varietäten heißen Rauchwacke.

Anhydrit und Gips (wasserfreies und wasserhaltiges

*) Die wichtigsten Lokalitäten für Steinsalz nach Formationen geordnet, sind (nach Credner):

Formation	Lokalität
Bildungen der Jetztzeit:	Wüstensalz der Kirkisensteppe, in Arabien, Chile, Seesalz am Toten Meer, am großen Salzsee (Utah).
Tertiär:	Cardona in Castilien, Wieliczka u. Bochnia in Galiz.
Kreide:	Westfälische Soolquellen.
Jura:	Soole von Rodenburg a. Deister, Bex i. Kant. Waadt.
Keuper:	Lothringen.

Calciumsulfat, $CaSO_4 . 2H_2O$). Beide treten besonders in den thonigen Schichten auf und sind stete Begleiter des Steinsalzes. Auch hier herrschen meist Verunreinigungen durch Kalk, Thon, Eisen und Bitumen vor.

Die Phosphate sind im allgemeinen selten, nur der phosphorsaure Kalk oder Apatit ($Ca_5Cl[PO_4]_3$) tritt in den meisten Gesteinen als accessorischer Bestandteil auf, und ist in einzelnen Gegenden als Phosphoritgestein von großem technischem Werte.

Die außerordentlich formenreiche Gruppe der Silikate ist von besonderer Bedeutung für die gemengten Gesteine, da die meisten Mineralien der vulkanischen Gesteine zur Gruppe der Silikate zu zählen sind. Als selbständige einfache Gesteine treten sie jedoch nur selten auf.

Organische Verbindungen. Diese finden sich ausschließlich in den sedimentären Formationen und sind aus der Zersetzung und Verkohlung von tierischen und pflanzlichen Überresten entstanden. Die organischen Verbindungen treten entweder als Kohlenwasserstoffe (Petroleum, Naphtha, Steinöl) meist als Imprägnierung erdiger Gesteine, oder als Harze (Bernstein, Copal, Asphalt) oder

Formation	Lokalität
Muschelkalk:	Oberes und unteres Neckargebiet, Ernsthall und Stotternheim (Thüringen).
Buntsandstein:	Hannover, Schöningen bei Braunschweig.
Perm:	Bei Gera, Staßfurt, Halle, Sperenberg, Segeberg (Holstein).
Carbon:	Durham, Bristol (Engl.), New-River (West-Virgin.).
Devon:	Bei Winchell in Michigan.
Silur:	West-Virginia, Staat New-York, Saginaw in Michigan, Provinz Ontario in Canada.

auch als Kohlen auf. Die Kohlen entstehen aus Pflanzen und können wir deren Bildung an den Torfmooren heute noch beobachten; je älter die Kohlenablagerungen sind, um so fester wird das Gestein und um so größer der Gehalt an Kohlenstoff. Die größten Kohlen-Ablagerungen treffen wir in der Steinkohlenformation. Nach dem Gehalt an Kohlenstoff, der Festigkeit und dem Alter unterscheidet man Anthracit, Steinkohle (Glanzkohle, Mattkohle, Grobkohle, Schieferkohle, Rußkohle, Faserkohle u. a.), Braunkohle und Torf.

Zusammmenstellung
der hauptsächlichen Unterscheidungsmerkmale (nach Credner):

Kohlen-Gestein	Kohlenstoff-Gehalt	Härte	Spez. Gewicht	Strich	Erwärmte Kalilauge wird	Brennbar
Braunkohle	55—75	—	0,5—1,5	braun	tiefbraun	leicht
Steinkohle	75—90	2	1,2—1,5	braunschwarz	nicht od. hellgelblich braun	z. Teil leicht
Anthracit	über 90 %	2—2,5	1,4—1,7	grauschwarz	nicht gefärbt	nur bei starkem Luftzuge

Kohlen-Gestein	Erscheinungen beim Verbrennen		
Braunkohle	rußende Flamme	stark rauchend	brenzlich stinkend
Steinkohle	helle Flamme	stark rauchend	aromatisch bituminös riechend
Anthracit	schwache oder gar keine Flamme	nicht rauchend	ohne Geruch

Gemengte Gesteine.

1. Eruptiv= oder massige Gesteine.

Name des Gesteines	Wesentliche Bestandteile	Struk=tur	Wichtige accessorische Bestandteile	Gestein=varietäten
I. Aeltere Eruptiv-gesteine.				
1. Granit	Orthoklas, Quarz, Glimmer	körnig	Plagioklas, Hornblende, Cor=dierit, Turmalin, Magneteisen, Titanit	Biotitgranit, Muskowitgranit, Granitit, Schrift=granit, Pegmatit, Granitporphyr
2. Quarz=Porphyr	Quarz, Orthoklas	por=phyrisch	Plagioklas, Glimmer, Horn=blende, Augit, Magnetit	Felsitporphyr(ty=pischer Porphyr), Felsitpechstein (glasig)
3. Syenit	Orthoklas, Hornblende	körnig	Plagioklas, Biotit, Magnetit, Titanit	Augitsyenit, Glimmersyenit, Syenitporphyr (porphyrisch)
4. Diorit	Plagioklas, Hornblende	körnig	Glimmer, Augit, Quarz, Apatit	Normaler Diorit, Glimmerdiorit, Quarzdiorit (To=nalit), Porphyrit (porphyrisch)
5. Gabbro	Plagioklas Diallag	grob=körnig	Magnetit, Olivin, Hypersthen	
6. Diabas (Grünstein)	Plagioklas Augit	körnig (meist fein=körnig)	Magnetit, Titanit, Apatit, Orthoklas, Olivin	Porphyr. Diabas, Perldiabas (kuge=lige Ausbld.), Di=abas=Mandelstein

Name des Gesteines	Wesentliche Bestandteile	Struktur	Wichtige accessorische Bestandteile	Gesteinvarietäten
7. Melaphyr	Plagioklas Augit	porphyrisch (blasige Gesteine)	Olivin, Magnetit, Apatit	Diabasporphyrit (ohne Olivin), Mandelsteine.
II. Jüng. Eruptivgesteine.				
8. Trachyt	Orthoklas (Sanidin)	körnig und porphyrisch	Plagioklas, Hornblende, Augit, Biotit	Sanidintrachyt (porphyrisch), Quarztrachyt od. Liparit, Andesit (stark Plagioklashaltig)
9. Phonolith	Sanidin, Nephelin	porphyrisch	Leucit, Hornblende, Augit, Biotit, Hauyn, Magnetit	Leucitophyr
10. Basalt	Plagioklas, Nephelin, Leucit mit Augit, Olivin, Magnetit	körnig und porphyrisch	Hornblende, Biotit, Titanit, Hauyn, Melilith, Apatit	Dolerit (grob krystallisiert), Anamesit (feinkörnig), Feldspatbasalt, Nephelinbasalt, Leucitbasalt, Augitandesit (Plagioklas und Augit),
11. Vulkanische Gläser	Glas	glasig u. porphyrisch	Bestandteile vom Trachyt und Phonolith	Obsidian, Pechstein, Bimstein (blasig).

2. Sedimentär- oder geschichtete Gesteine.

(Krystallinische Schiefergesteine.)

Name des Gesteins	Wesentliche Bestandteile	Struktur	Wichtige accessorische Bestandteile	Gesteinsvarietäten
1. Gneis	Orthoklas, Quarz, Glimmer, (Biotit und Muskowit)	flaserig schiefrig	Granat, Plagioklas, Cordierit Magnetit, Turmalin, Graphit, Hornblende	Granitgneis, Augengneis, Glimmergneis, Hornblendegneis, Cordieritgneis, Graphitgneis, Sericitgneis
2. Granulit	Feldspat, Quarz, Granat	körnig bis wohlgeschichtet	Biotit, Turmalin, Cyanit, Diallag	Biotitgranulit, Diallaggranulit (Trapp)
3. Amphibolschiefer	Hornblende	schiefrig	Quarz, Granat, Biotit, Magnetit	Strahlsteinschiefer
4. Eklogit	Granat, Augit (Omphacit)	grobkörnig	Glimmer, Hornblende, Quarz, Cyanit	Granatfels
5. Glimmerschiefer	Glimmer, Quarz	feinschiefrig	Granat, Turmalin, Talk, Chlorit, Magnetit	Granatschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer
6. Phyllit (Urthonschiefer)	Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspat, Rutil	feinschiefrig	Chiastolith, Turmalin, Hornblende Magnetit	Phyllitgneis, Chiastolitschiefer, Fleckenschiefer, Wetzschiefer

Trümmer-Gesteine (klastische Gesteine).

I. Vulkanische Trümmergesteine.

1. Tuffe sind die bei den Eruptionen ausgeworfenen Massen, welche durch Wasser zu Schlamm zusammengebacken sind. Sie schließen sich in ihrem Gesteinscharakter nahe an die betreffenden massigen Gesteine an. Hierher gehört: Porphyrtuff, Diabastuff (Grünsteintuff und Schalstein), Trachyttuff, Basalttuff.

2. Vulkanischer Schutt. Unter dieser Bezeichnung fassen wir alle die lose angehäuften Auswurfsmassen zusammen, welche sich besonders bei den jungen und den noch thätigen Vulkanen finden. Je nach der Größe der Stücke unterscheidet man Aschen, Sande, Lapilli, Bomben und Blöcke.

II. Neptunische Gebilde.

3. Thongesteine. Diese umfassen die Umwandlungs- und Zersetzungsprodukte aus anderen besonders den feldspatreichen Gesteinen. Sie zeichnen sich alle durch ein erdiges gleichmäßiges Aussehen aus. Zu ihnen stellt man den Thonschiefer und Schieferthon, den Mergel, Thon, Lehm und Löß.

4. Sandsteine bestehen aus Quarzkörnern, welche durch Kiesel, Kalk oder Thon verkittet sind. Je nach dem Vorwiegen des einen oder anderen Bestandteiles spricht man von kieseligem, kalkigem, thonigem, dolomitischem 2c. Sandstein. Arkose heißt ein aus granitischem Material entstandener Sandstein, in welchem noch Feldspat und Glimmer zum Quarze treten.

5. Konglomerat nennt man ein Gestein, welches aus verkitteten abgerollten runden Kieseln gebildet ist, während bei der

6. Breccie scharfkantige eckige Bruchstücke verwendet sind.

7. Sand, Kies, Geröll, Geschiebe sind die losen Anhäufungen der durch das Wasser oder Eis zertrümmerten Gesteine.

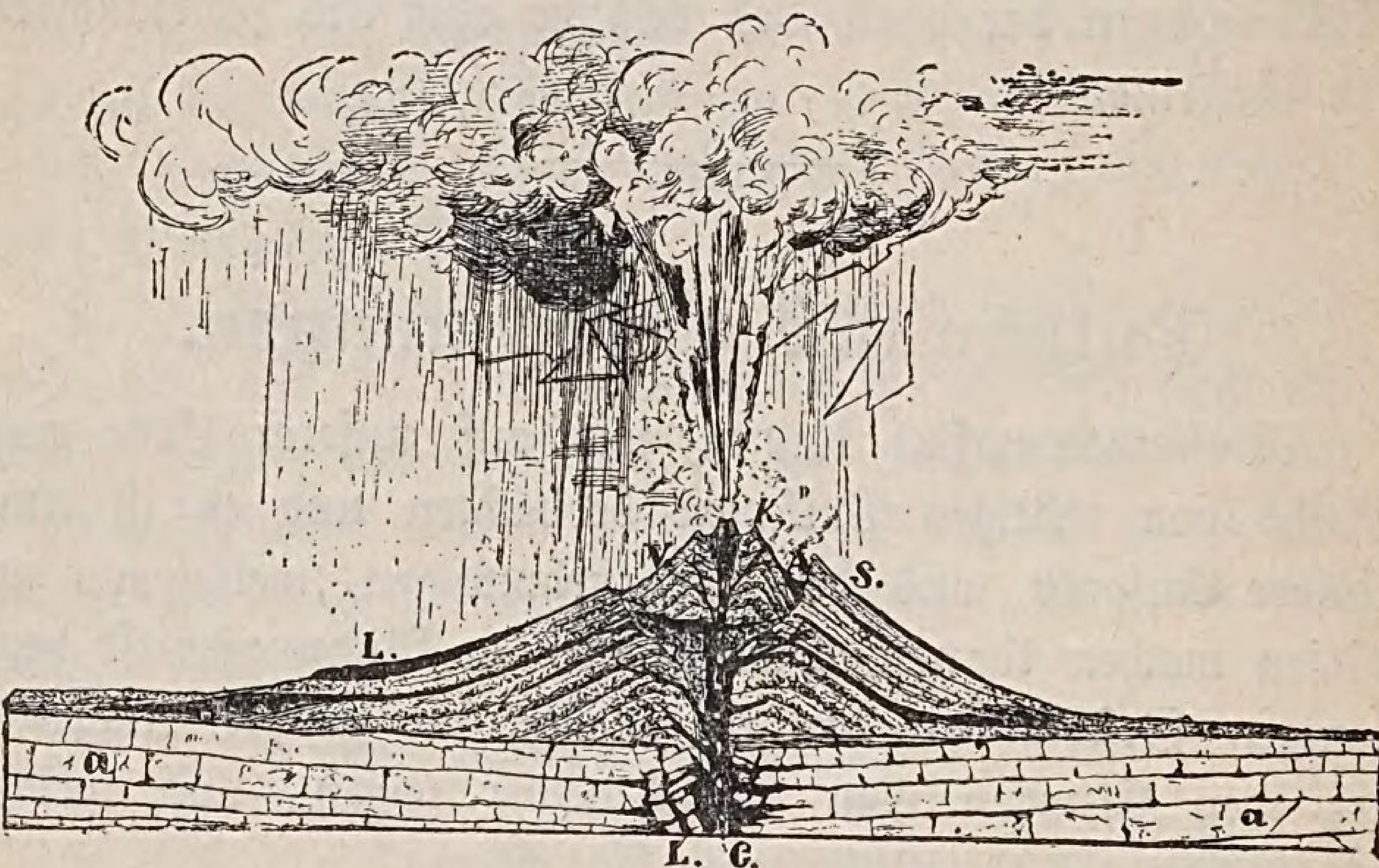
Vulkanische Erscheinungen.

Bekanntermaßen können wir auf unserer Erde eine Reihe von thätigen Vulkanen beobachten und es ist nun unsere Aufgabe, aus den Wahrnehmungen, welche wir an diesen machen können, Schlüsse auf die Bildungsweise derjenigen Gesteine zu machen, welche die größte Analogie mit den Eruptivmassen der Vulkane zeigen, und welche wir daher als Eruptivgesteine bezeichnen.

Wir gehen, wie schon angedeutet, bei unseren Betrachtungen von demjenigen aus, was uns vor Augen liegt, und suchen uns über den Aufbau und das Wesen eines Vulkanes, über die Eruptionen, die sie begleitenden Erscheinungen und ihre wahrscheinlichen Ursachen Klarheit zu verschaffen, ein Thema, für das man den Ausdruck Vulkanismus eingeführt hat.

Derjenige Vulkan, welcher uns am nächsten liegt und durch seine klaren Verhältnisse und leichte Zugänglichkeit am meisten einladet, ist der Vesuv, den wir deshalb als Beispiel eines Vulkanes und zum Ausgangspunkt unserer Beobachtungen wählen.

Die ganze Gegend um Neapel bildet eine große Ebene, die sich nur wenige Meter über das Meer erhebt und welche von den Kalkbergen der Apenninen umschlossen wird. In dieser Ebene erheben sich eine Reihe von vulkanischen Bergen, die in zwei Gruppen zerfallen, der Vesuv im Süd-Osten und die phlegräischen Felder im Nord-Westen von



Idealer Durchschnitt durch den Vesuv.

a. Das Grundgestein (Apenninenkalk). S. Der Tuffkegel der Monte Somma, mit alten Lavaströmen. A. Das Atrio del Cavallo (alter Sommakrater). V. Der Aschenkegel des Vesuv. K. Der Vesuvkrater mit dem Eruptionskegel (Bocca). C. Kanal mit empordringender Eruptivmasse. L. Lavagänge und Ströme.

Neapel; die ganze Ebene ist bedeckt von vulkanischen Aschen, die, von Regen zu Schlamm zusammengebacken, ein festes Gestein, sogenannten **Tuff** bilden. Der Vesuv selbst strebt anfangs in mäßiger Neigung empor, die jedoch immer steiler wird, bis wir das Ringgebirge erreichen, das namentlich im Norden als Monte Somma noch wohl erhalten ist und bis zur Höhe von 1124 m emporsteigt. In nahe-

zu senkrechtem Abfall stürzen die Wände von dort nach dem Innern des Ringes — dem Atrio del Cavallo — ab und bilden so einen ausgesprochenen alten Kraterrand. In diesem alten Krater der Somma erhebt sich nun steil anstrebend der eigentliche Aschenkegel des Vesuvs bis zur Höhe von 1282 m. Oben angelangt sehen wir zunächst wieder einen gegen das Innere steil abstürzenden Kraterrand, den wir übersteigen, um uns schließlich dem kleinen eigentlichen Eruptionskegel — der Bocca — zu nähern, welcher wieder mit steil abstürzenden Wänden den Krater des eigentlichen Eruptionsherdes bildet. Aus ihm werden in ruhigem Zustande gewaltige Dampfmassen und von Zeit zu Zeit Lavabomben und Brocken mit großer Gewalt ausgestoßen. Diese ausgeworfenen Schuttmassen fallen teils wieder in den Krater zurück, teils aber auch auf die Bocca selbst herab und tragen so immer zur Vergrößerung des Aschenkegels selbst bei.

So sehen wir am Vesuv 3 Berge sozusagen ineinander geschachtelt, deren jeder einer verschiedenen Eruptionsthätigkeit des Berges entspringt. Der Vesuv der Alten bis zum Jahre 79 n. Chr. war die Somma, welche einen vulkanischen Berg mit mäßigem Krater darstellte, in dem sich ein kleiner See befand; die gewaltigen Eruptionen im Jahre 79 n. Chr. und der folgenden Zeit warfen den Aschenkegel im Krater der Somma, den Vesuv, auf, dessen gegen 500 m breiter Krater jedoch sich gleichfalls wieder mit Schutt und Lava ausfüllte und in den die heutigen kleinen Eruptionen wieder einen neuen Aschenkegel mit Krater aufgeworfen haben.

Das Gestein, aus welchem der Aschenkegel des Vesuv besteht, ist ein Haufwerk von losen Aschen, Sanden, Bom=

ben und Blöcken, und dazwischen mehr oder minder mächtigen Lavamassen, welche meist auf der Seite des Berges ausströmen und sich dann in raschem Flusse nach unten wälzen. An dem Abbruche der Somma gegen das Atrio bekommen wir klare Profile durch einen Teil des Berges; wir sehen den ganzen Berg aus schalenförmig übereinandergelegten Decken von fest verbackenen Aschen, sog. Tuffen, bestehen, von denen jede einer Eruption des Berges entspringt; in dem Aufrisse zeigt sich uns daher das Bild einer ausgezeichneten Schichtung. Massenhaft werden diese Tuffbänke durchbrochen von Lavagängen, welche sich dann deckenartig zwischen den einzelnen Schichten ausbreiten.

Kombinieren wir alle diese Beobachtungen, so können wir uns leicht einen idealen Durchschnitt durch den Berg konstruieren, wie er auf Fig. 1 dargestellt ist. Eine Bruchlinie im Untergrunde hat den vulkanischen Massen Gelegenheit geboten aus der Tiefe emporzudringen; diese Bruchlinie bildet also den Kanal, der auch den ganzen aufgeworfenen Kegel durchsetzt, und mit dem Krater endigt. Die vulkanischen Massen, welche ausgeworfen werden, sind verschiedener Natur; zunächst haben wir ungeheure Mengen von Aschen und Bomben, die den steilen Aschenkegel bilden. Nach dem Gesetz der Schwere schichten sich die hoch emporgeschleuderten Massen beim Herabfallen schichtenweise in gröberes und feineres Material, und da eine Eruption aus einer Kette von einzelnen Stößen besteht, so wird dementsprechend der Aschenkegel aus wohlgeschichteten Lagen aufgebaut sein. Zugleich mit diesen trockenen feurigen Massen sind aber die Eruptionen von großartigen Dampfentwicklungen begleitet, welche als wolkenbruchartige Regen niederstürzen, die Aschen in Schlammströme

umwandeln und zu Thale führen; nach der Erstarrung bilden diese die vulkanischen Tuffe, welche ihrer Entstehung gemäß sich am Fuße des Kegels ausbreiten und zu einer Verflachung des Berges führen. Diese Aschen- und Dampfexplosionen gehen dem eigentlichen Ausbruch der feuerflüssigen Masse, der Lava, voran, sie sind es, welche gleichsam den Schlot gereinigt haben, in welchem die schwere Masse nach oben steigt; in der Regel erreicht jedoch die Lava den Kraterrand nicht, sondern zersprengt seitlich den Aschen- und Tuffmantel und bricht nun an der Seite des Berges aus. Erst ist die Lavamasse sehr dünnflüssig und schießt nun mit rasender Schnelligkeit als Lavastrom den Berg hinab, aber sehr bald wirkt die Abkühlung auf sie ein und als zäher Teig wälzt sich der Strom träge weiter, immer von weiteren nachschiebenden Massen gedrängt und überflutet. Ist das Terrain günstig, so breitet sich der Strom aus und bildet breite Lavadecken. Mit dem Ausbrechen der Lava ist die Gewalt der Eruption erschöpft und es tritt meist eine lange Pause ein, in welcher die Zerstörung des gebildeten Vulkanes durch die Verwitterung und Regenwasser rasch um sich greift. Die Ränder des hohlen oder mit lockeren Massen gefüllten Kanales stürzen in sich selbst zusammen und es bildet sich so der steil nach innen abstürzende Kraterrand. Die inneren gestauten Gewässer durchnagen häufig die Kraterwand, in tiefen Schluchten (Barranco) wird der lockere Boden zu Thale geführt, und der ganze steile Aschenkegel geht rasch seiner Zerstörung entgegen. Nur die festeren Tuffe und die Laveströme leisten mehr Widerstand.

Da folgt eine neue Eruption; die ganze Masse, welche den Kanal verstopft hat, wird mit großer Gewalt wieder

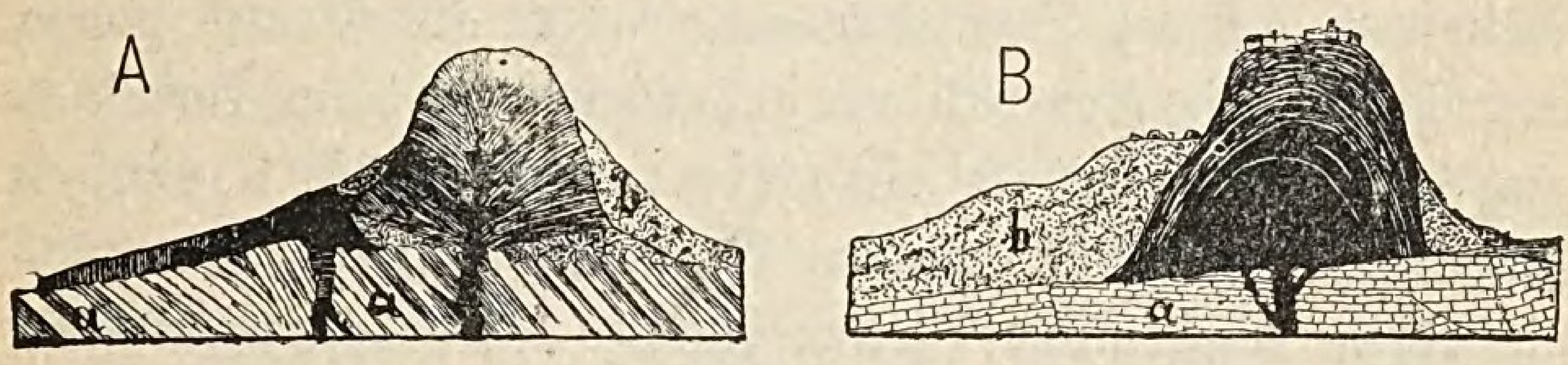
hinausgeschleudert, neue Aschen aus der Tiefe kommen dazu und bald erhebt sich im alten Krater ein neuer Vulkan und neue Lagen von Tuffen, Aschen und Lavaströmen werden abgelagert.

Das Endresultat ergiebt schließlich einen Vulkan, wie ihn der Vesuv darstellt; man nennt diese aus einzelnen Lagen oder Schichten sich aufbauenden Vulkane Stratovulkane oder geschichtete Vulkane. Ihre Entstehung verdanken sie den unterbrochenen Eruptionen und den großen Dampfexplosionen, welche zur Bildung von Tuffen führen. Der größte Teil der jetzt noch thätigen Vulkane gehört zu den Stratovulkanen und ist es eine nicht zu übersehende Erscheinung, daß diese Stratovulkane alle in der Nähe vom Meere oder großen Binnenseen liegen, so daß eine gewisse Abhängigkeit vom Wasser vorzuliegen scheint. Die Zerstörung der aus lockerem Material aufgeworfenen Stratovulkane geht sehr rasch vor sich, so daß wir uns nicht wundern dürfen, wenn dieselben uns aus früheren Erdperioden nur in geringer Anzahl erhalten sind, was jedoch keineswegs ausschließt, daß dieselben auch früher in größerer Menge vorhanden waren.

Den geschichteten Vulkanen gegenüber stehen die massigen Vulkane. Diese entstehen gewöhnlich durch eine einmalige Eruptionsthätigkeit des Vulkanes, so daß der ganze Berg einen gleichmäßigen ungeschichteten Charakter zeigt. Auch hier beginnt die Eruption mit dem Auswerfen ungeheurer Aschenmassen, jedoch in solchen Mengen, daß dieselben nicht Zeit haben, sich beim Herabfallen zu schichten, sondern einen ungeschichteten Tuffkegel aufwerfen, in dem grobes und feines Material regellos aufgehäuft ist.

Die Lavamassen, welche im Kanal aufsteigen, sind

jedoch nicht dünnflüssig, sondern dick breiartig, auch ist ihre explosive Kraft eine nur geringe. So kommt es, daß sie nur selten den Kraterrand überströmen, oder seitlich ausbrechen und sich dann in Strömen und Decken ausbreiten. Gewöhnlich erstarren sie schon im Kanale selbst



Durchschnitte massiger Vulkane
A. Basaltkuppe und Basaltdecke mit Säulenabsonderung. B Phonolithkegel (Hohentwiel) mit schalenförmiger Absonderung. a. Grundgestein. b. Tuffmantel

und bilden so Gänge im Gestein, oder sie erreichen die Oberfläche und türmen sich dann zu Domvulkanen und Kuppen auf. Es ist dies eine für die tertiären Vulkane sehr charakteristische Form, die sich namentlich bei den Basalten und Phonolithen ausgebildet findet. Eine derartige Basaltkuppe stellt uns die Ausfüllung des bedeutend erweiterten Kraters dar, wobei der Tuffmantel im Laufe der Zeit abgewaschen wurde, so daß nur der massive Basaltkern übrig geblieben ist. Die Erstarrung des Gesteines geht Hand in Hand mit einer Zusammenziehung der ganzen Masse, welche zu einer konzentrischen Schalenbildung führen kann, wie wir dies am schönsten bei den Phonolithen sehen. Dagegen zeigen die Basaltberge häufig eine sehr verschiedene Struktur. Wir finden sie nämlich in Säulen abgesondert, welche in ihrer regelmäßigsten Form einen sechseckigen Querschnitt zeigen und oft auf das zierlichste ausgebildet sind. Die Säulen sind im großen

ganzen rechtwinklig zur Oberfläche orientiert, so daß wir in den regelmäßigen Domen eine Fächerstellung vom Kanal ausgehend bekommen, während sie in den Decken vertikal stehen. Diese Säulenabsonderung bei den vulkanischen Massen entsteht gleichfalls bei der raschen Erstarrung des Gesteines an der Oberfläche und es wird als Grund hiefür gewöhnlich die Kontraktion des Gesteines beim Abkühlen angesehen; andererseits wird aber auch auf die Expansion hingewiesen, welche in dem Momente eintritt, wenn geschmolzene Massen in den festen Zustand übergehen, und welche gleichfalls zu einer Absonderung in Säulen führen kann.

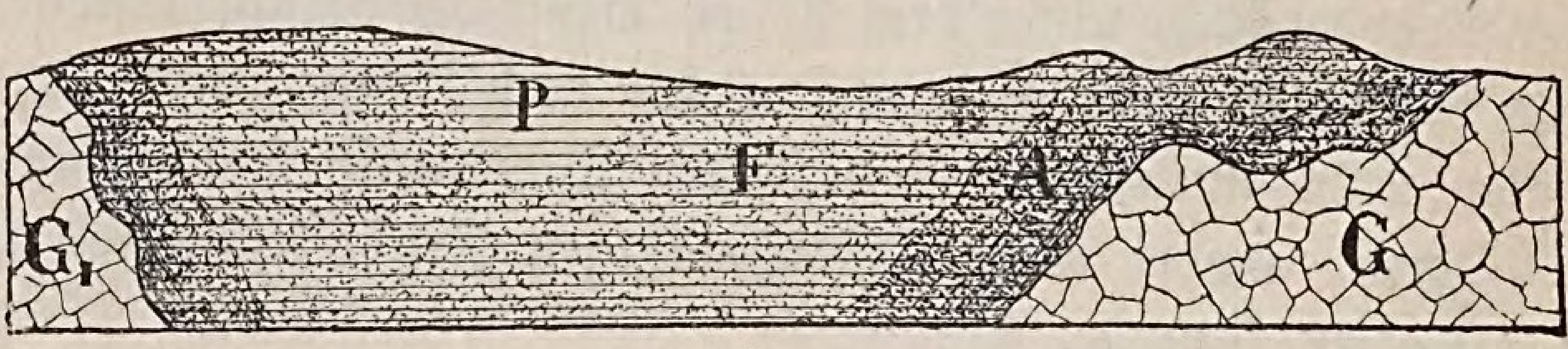
Offenbar tritt die Absonderung in Säulen nur bei solchen Gesteinen ein, welche rasch und ohne bedeutenden Druck darüberlastender Massen erstarren, während bei langsamer Abkühlung eine gleichmäßige feste Masse gebildet wird. In den Gängen besonders der krystallinisch körnigen Gesteine läßt sich beobachten, daß die Ränder, sog. Salbänder, feinkörnig sind, während das Gestein nach innen zu immer grobkörnigere und pegmatitische Struktur annimmt. Ferner tritt bei manchen alten vulkanischen Gesteinen, besonders bei den Diabasen und Dioriten, noch eine kugelförmige Absonderung auf, die entweder darin besteht, daß das ganze vulkanische Massiv sich in mächtigen konzentrisch schaligen Kugeln absondert, oder finden wir auch nur in dem körnigen Gestein, das dann gleichsam die Grundmasse bildet, die Krystall-Gemengteile in Kugelform gruppiert.

Vergleichen wir die in der Erde auftretenden vulkanischen Gesteine miteinander, so läßt sich beobachten, daß die tertiären Basalte, Phonolithe und Trachyte sich am nächsten an die recenten Laven anschließen, ebenso wie die sie begleitenden Tuffe eine analoge Bildungsweise an-

zeigen; wir bezeichnen sie daher als neovulkanische Gesteine. An sie schließen sich die paläovulkanischen Gesteine (Quarzporphyr, Melaphyr und Diabas) an, welche gleichfalls durch porphyrische Ausbildung, Glasbildung und Begleitung von Tuffen Verwandtschaft mit den jetzigen Bildungen zeigen, aber sich durch das Vorwiegen der Kieselsäure auszeichnen. Diesen echt vulkanischen Gesteinen stehen die sog. plutonischen Gesteine gegenüber, welche zwar ihre eruptive Natur durch viele Merkmale verraten, aber doch von den echten vulkanischen Gesteinen vielfach abweichen. Zu ihnen gehören die Granite, Syenite, Diorite und Gabbro. Allen eigen ist die krystallinisch körnige Ausbildung, welche auf ein sehr langsames Erstarren hinweist. Man ist daher geneigt anzunehmen, daß die als vulkanisch bezeichneten Gesteine Eruptivmassen sind, welche bis zur Oberfläche der Erde empordrangen und dort rasch erstarrten, während die als plutonisch bezeichneten unterhalb der Erdoberfläche unter dem hohen Druck der darauf lastenden Schichten oder in der Zeit der archäischen Formation unter unbekannten atmosphärischen Verhältnissen langsam erkalteten, wobei es zur gleichmäßigen Krystallisation der Mineralien kommen konnte.

Wir haben noch einiger anderer geologisch wichtiger Faktoren zu gedenken, welche mit den Vulkanen im Zusammenhang stehen. Wie schon bemerkt, sind die vulkanischen Eruptionen begleitet von gewaltigen Dampf- und Gasexplosionen; diese Gasausströmungen dauern noch lange nach den Eruptionen fort und werden als Solfataren, Mofetten oder Fumarolen bezeichnet, je nachdem es Schwefel-, Kohlensäure- oder Wasserdämpfe sind, welche ausströmen.

Sowohl die bei dem Empordringen der glutflüssigen Massen entstandene Hitze, als besonders auch die Wasser- und Gasdämpfe bleiben natürlich nicht ohne Einwirkung auf das Nebengestein und so sehen wir denn dieses in der Nähe der Eruptionsherde gewöhnlich umgewandelt. Man nennt diese Erscheinung Kontaktmetamorphose, und sie tritt besonders schön bei den alten Eruptivmassen auf, welche wir als plutonisch bezeichnet haben. Die nächste Wirkung der Hitze ist eine Verglasung, Frittung (Schmelzen), und Rösten des Nebengesteines, wobei sich dieses häufig wieder in Säulen absondert, wie die Gestellsteine eines Hochofens; Sandstein wird gefrittet, Braunkohle wird zu Steinkohle verkokst und Kalkstein in Marmor umgewandelt. Noch ausgedehnter und tiefgreifender sind die Wirkungen der heißen Dämpfe, welche die Kontaktzonen um den Eruptivstock schaffen; diese bestehen in einer Umkrystallisierung und Umwandlung der Struktur der Nebengesteine. Wohlgeschichtete Phyllite und



Kontaktzonen bei Schneeberg im Erzgebirge.
G. Granit des Eibenstock-Massives. G_1. Granit von Oberschlema. P. Unveränderter Phyllit. F. Fruchtschiefer. A. Andalusit-Glimmerfels.

Glimmerschiefer werden in zonenweise um das Eruptivgestein gelagerte Andalusitfelsen, Chiastolitschiefer, Frucht- und Knotenschiefer umgewandelt, und allenthalben treten in den Kontaktzonen neue Mineralien auf, welche später wieder vom Wasser verarbeitet und in mächtigen Erz- und Mineralgängen abgelagert werden können.

In naher Beziehung mit den Vulkanen stehen die heißen Quellen, Geysirs und Schlammvulkane. Sie alle sind gebildet durch heiße Wasser, welche aus bedeutender Tiefe empordringen und infolge ihrer Hitze eine Menge Mineralsubstanzen, besonders Kieselsäure und Kalk, in gelöstem Zustande mit sich führen; beim Erkalten des Wassers schlagen sie sich nieder und führen zu sogenannten Sinterbildungen am Rande der Quelle. Überschreitet die Hitze des aufsteigenden Wassers nicht den Siedepunkt, oder ist die Quellröhre so enge, daß sie gleichmäßig gefüllt ist, so fließt das Wasser in stetigem Strome als heiße Quelle ab. Ist dagegen die Hitze des Wassers sehr groß, aber der Quelllauf so weit, daß das oben stehende Wasser abgekühlt wird, so gerät der Quellausfluß in Stockung, bis von unten so viel Hitze zugeführt ist, daß ein Kochen und damit verbundenes Aufwallen des Wassers entsteht; dies führt zu einer plötzlichen Eruption der Quelle und man nennt daher diese Erscheinungen Springquellen oder Geysirs. Bei den Schlammvulkanen wird mit Gas geschwängertes Wasser zusammen mit Schlammmassen ausgeworfen, letztere stammen jedoch nur aus dem thonigen und leicht löslichen Nebengestein.

Zum Schlusse haben wir auch noch einen Blick auf die Hypothesen über den Ursprung und die Entstehungen der vulkanischen Thätigkeiten zu werfen. Eine beobachtete Thatsache ist, daß die Vulkane alle auf Bruchlinien unserer Erdkruste, sogenannten Verwerfungsspalten, liegen, welche, wie wir später sehen werden, die Erde allenthalben durchziehen. Man ist nun gerne geneigt, anzunehmen, daß diese Bruchlinien bis in das flüssige Erdinnere hinabreichen und daß die in die Spalten eingedrungenen Wasser (wir machten schon darauf aufmerksam, daß die jetzt thätigen

Vulkane vielfach am Meere liegen) die Explosionen herbeiführen*).

Die Sedimentär-Gesteine und ihre Bildung.

So mannigfaltig uns auch der Gesteincharakter der vulkanischen Gesteine entgegentritt, so bilden diese doch einen nur sehr kleinen Bruchteil in der Zusammensetzung der Erdrinde und werden weit überwogen von den Sedimentgesteinen. Wie schon in den tabellarischen Übersichten angegeben, finden wir unter ihnen sowohl einfache Gesteine wie Kalk, Gips, Steinsalz, Kohle, als auch gemengte Gesteine — sog. krystallinische Schiefer — und vor allem klastische Gesteine ausgebildet; unter letzteren sind besonders die Thone und Sandsteine wichtig. Fast allen diesen Gesteinen ist die Bildung auf wässerigem Wege eigen, welche sich durch die Ablagerung in geschich-

---

*) Während die Theorie, daß bei Verschiebungen in der Erdrinde eine Wärme erzeugt werde, welche die Gesteine zu Magma umzuschmelzen imstande ist, wenig für sich hat, läßt sich folgende Theorie besser mit der Wirklichkeit in Einklang bringen: Denken wir uns, daß in der Tiefe unter dem Drucke der festen Erdkruste, die Erstarrung fortgeschritten ist, so werden dort Gesteine gebildet sein, welche in dem Banne abnormer Druckverhältnisse liegen, und es bedarf nur einer Entlastung von diesem Drucke, wie es durch eine Spalte geschieht, um diese Gesteine wieder in ihren ursprünglichen flüssigen Zustand zu bringen. Die Ausdehnung, welche dabei stattfindet, würde genügen, sie bis zur Oberfläche empor zu treiben. Vergl. S. Günther, Physikalische Geographie (Sammlung Göschen Nr. 26) S. 30 ff.

teten Bänken kundgibt. Das Wasser ist ein ununterbrochen schaffendes Element auf der Erde und sein Bestreben ist, möglichst auszuebnen. Ununterbrochen verarbeitet und zerstört es die Festlandsmassen und lagert sie wieder in den tieferen Lagen, besonders den Meeren ab. Diese Zerstörung geht teils auf chemischem Wege vor sich, da das Wasser einen großen Teil der Gesteine zu lösen imstande ist, teils auf mechanischem Wege, indem es das Material zertrümmert und als Kiesel oder Sand zu Thale führt. Bei der neuen Ablagerung sind gewöhnlich sowohl die chemischen wie die mechanischen Eigenschaften des Wassers thätig, und es bilden sich dadurch die klastischen oder Trümmer-Gesteine. Der rein chemischen Thätigkeit entsprechen die einfachen Gesteine, der rein mechanischen Thätigkeit die losen Sande und Gerölle.

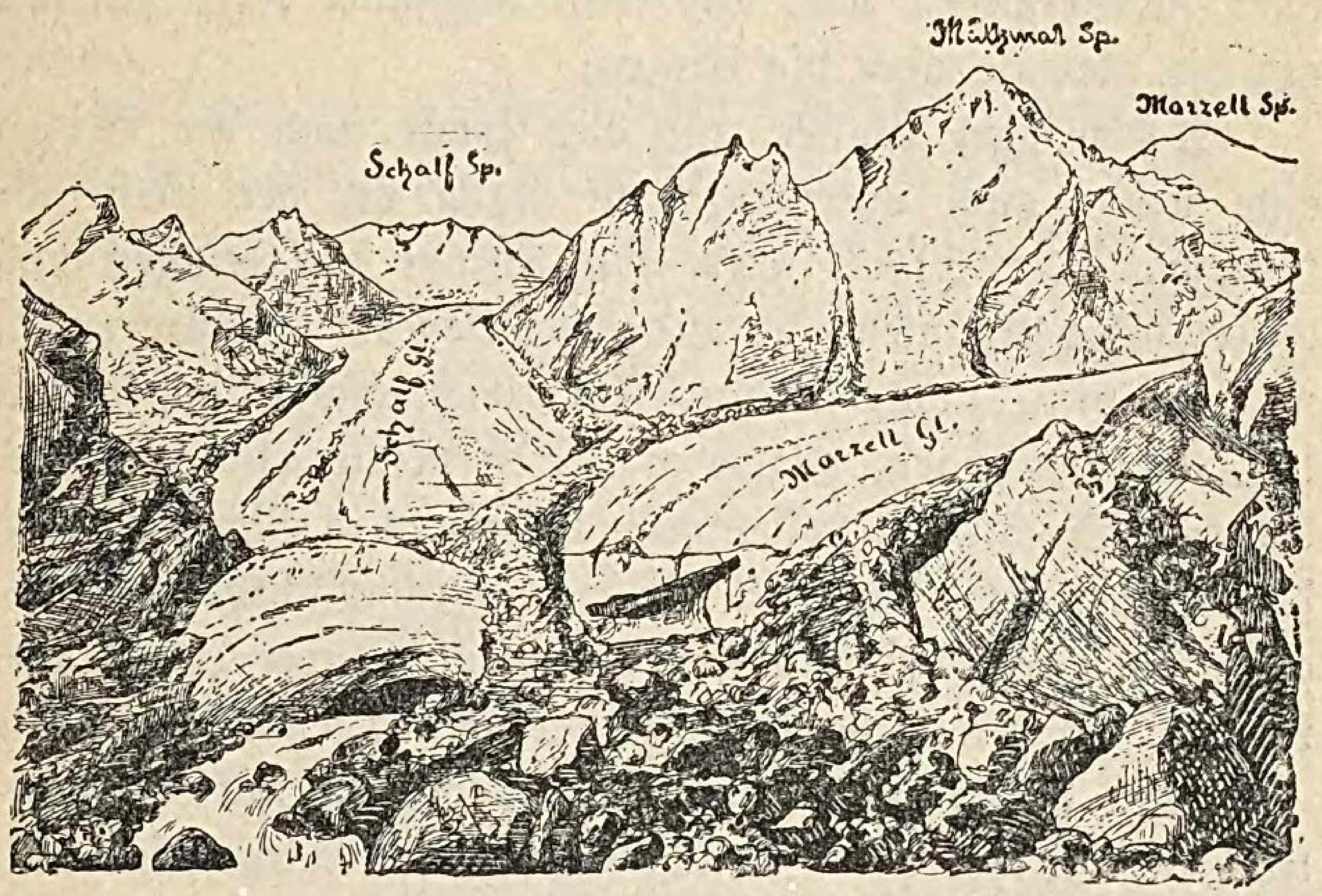
So ungezwungen und leicht sich auf diese Weise eine Erklärung für die klastischen und einfachen Sedimentärgesteine ergibt, so schwierig ist es, eine Deutung der krystallinischen Schiefergesteine zu geben. Ihre ausgezeichnete Schichtung, das Führen von Geröllen und anderes verlangt mit Entschiedenheit eine sedimentäre Bildung. Andererseits aber weichen sie in ihrer Zusammensetzung aus Mineralien so sehr von den späteren Bildungen ab und nähern sich darin den plutonischen Gesteinen, daß wir für sie eine vollkommen verschiedenartige Bildungsweise annehmen müssen. Es würde zu weit führen, auf die vielen Hypothesen einzugehen, welche hiefür aufgestellt sind, und es sei nur erwähnt, daß die Einen die krystallinischen Schiefer als ursprünglich so entstanden annehmen, wobei überhitzte Wasserdämpfe und hoher Atmosphärendruck herbeigezogen wird (Diagenese). Die Anderen dagegen, und diese Ansicht

hat viel mehr Wahrscheinlichkeit, sehen in diesen Gesteinen nur ein Umwandlungs-Produkt (Metamorphose) aus normalen Schiefergesteinen. Auch hierbei spielt der Druck und die dabei erzeugte Wärme die erste Rolle, wobei besonders darauf hingewiesen werden muß, daß die krystallinischen Schiefer sich immer in gestörten Lagerungen befinden, bei welchen starke Spannungen und Gebirgsdruck thätig waren.

Wie das flüssige Wasser, so arbeitet auch das gefrorene Wasser oder Eis. Durch die Ausdehnung, welche das Wasser beim Gefrieren erleidet, zersprengt es das Gestein, in dessen feine Poren und Risse es eingedrungen ist. Noch großartiger tritt uns die Thätigkeit des Eises bei den Gletschern entgegen. Das Gletschereis bildet sich aus dem Firnschnee, in welchem es durch den Druck der aufeinander lastenden Massen und durch die im Sommer durchsickernden Tagwasser zusammengefriert. Da sich in den Schneeregionen der Berge fortwährend neues Eis bildet, so schiebt dieses die übrige Eismasse — den Gletscher — immer weiter thalabwärts. Ein derartiger Eisstrom wirkt auf seinem Untergrunde, indem er kleinere Hindernisse abhobelt und zu Geröll verarbeitet, und man bezeichnet diese an der Sohle des Gletschers gebildeten Geröllablagerungen als Grundmoräne. Durch die gegenseitige Reibung dieser Gerölle und das Rutschen auf dem Untergrunde entstehen die Gletscherschliffe. Denselben Vorgang sehen wir auf den Seiten des Gletschers vor sich gehen; außerdem lagern sich dort die Schuttmassen ab, welche von den Seiten des Thales auf den Gletscher herabstürzen, und diese bilden die Seitenmoränen. Wie die Arme eines Baches vereinigen sich häufig zwei Gletscher. und dabei verschmelzen natürlich die beiden zusammentretenden Seitenmoränen zu

einem nun in der Mitte verlaufenden Geröllhaufen — Mittelmoräne.

Heutzutage finden wir in der gemäßigten Zone der Erde die Gletscher nur noch in den höchsten Berggegenden, während sie in den Polargegenden noch tief herab, zum



Gletscherlandschaft (Marzell und Schalfferner im Oetzthal)
Im Vordergrund Moränenschutt, links Gletscherthor, Gletscherbach, in der Mitte ein Gletschertisch, rechts die Seitenmoräne und abgeschrammte Felsen; auf dem Ferner Mittelmoräne und Seitenmoränen, im Hintergrunde am Muthmal-Kogel große Firnmulde und Seitengletscher.

Teil bis zum Meeresspiegel reichen. Schiebt ein Gletscher sich in das Meer hinein, so zerbröckelt er und schwimmt dann als Eisberg von der Strömung getrieben weiter. In diesen Gegenden beschränken sich die Gletscher aber nicht allein auf Gebirgsthäler, sondern bedecken weite Strecken des Flachlandes; man bezeichnet solche Eismassen als Inlandeis.

Da wir auch in den gemäßigten Zonen weite Strecken mit den charakteristischen Gletscherbildungen, den gekritzten Geschieben und Moränen bedeckt finden, so nehmen wir an, daß in einer früheren Zeit, welche der jetzigen direkt voranging, auch bei uns eine viel größere Ausbreitung der Gletscher stattgefunden hat, und man bezeichnet diese Periode als die glaciale oder die Eiszeit.

Neben dem Wasser und Eis spielt noch der **Wind** eine wenn auch untergeordnete Rolle bei der Gesteinsbildung. Der Staub wird vom Winde fortgetragen und lagert sich dann wieder an anderen Orten ab. In Gegenden nun, wo die Windströmungen sehr gleichmäßige sind, können diese Ablagerungen, welche man Löß nennt, eine ganz bedeutende Mächtigkeit bekommen; besonders in China wurden solche von vielen hundert Metern durch Richthofen nachgewiesen. Auch bei uns finden sich in Menge Lößablagerungen, deren äolische Bildung vielfach angenommen wird.

Wir haben noch einen sehr wichtigen Faktor zu betrachten, der bei der Bildung der Sedimentärgesteine mitwirkt, nämlich die Thätigkeit des **organischen Lebens**.

Die oben nur kurz erwähnte chemische Thätigkeit des Wassers und die Niederschläge einfacher Gesteine werden meistens vermittelt durch Pflanzen oder Tiere, so vor allem die Niederschläge des kohlensauren Kalkes und die Bildung der Kalkgesteine. Die Pflanzen entziehen dem im Wasser gelösten doppelkohlensauren Kalk einen Teil der Kohlensäure, welche sie selbst wieder in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegen. Der so entstandene schwerer lösliche kohlensaure Kalk schlägt sich im Wasser nieder und bildet eine Kalkablagerung, der Sauerstoff geht in die Luft und das Wasser, wirkt wieder oxydierend und gibt so dem Wasser neue

Angriffspunkte zur Zerstörung, der Kohlenstoff schließlich wird von den Pflanzen aufgespeichert und kann unter günstigen Bedingungen zur Kohlenablagerung führen.

Nicht nur in den Quellen, wo wir die Kalkniederschläge als Tuff am schönsten beobachten können, geht dieser Prozeß vor sich, sondern er spielt auch in dem Meere eine große Rolle.

Während wir so eine indirekte gesteinsbildende Kraft der Pflanzen kennen gelernt haben, finden wir auch Ablagerungen, welche direkt durch Pflanzen- und Tiere-Anhäufungen gebildet sind. Hierher gehören vor allem die schon erwähnten Kohlenablagerungen, sodann der von mikroskopisch kleinen Pflänzchen — den Diatomeen — gebildete Kieselgur. Diese Pflanzen bilden sich aus der im Wasser gelösten Kieselsäure zierliche Skelette, welche zum Teil nur 1/300 mm Länge haben, aber in solchen Massen auftreten, daß sie Schichten von vielen Metern Mächtigkeit aufbauen. Derartige Bildungen, an denen sich in erster Linie Pflanzen beteiligen, nennt man phytogene Gesteine, ihnen werden die zoogenen Gesteine gegenüber gestellt, welche ihre Entstehung den Tieren verdanken.

Die Tiere wirken in ähnlicher Weise wie die Pflanzen, teils indirekt durch den Verbrauch von Sauerstoff und den bei ihrer Verwesung entstehenden Verbindungen, teils direkt durch die Verwendung der im Wasser gelösten Mineralsalze zum Bau von Kiesel und Kalkschalen. Namentlich sind es die niederen im Meere oft in unzähligen Massen lebenden Tierchen, welche trotz ihrer geringen Größe Schichten von großer Mächtigkeit aufbauen. So finden wir einen Teil der Kreide und eine Menge anderer Kalk- und Kieselgesteine erfüllt von den zierlichsten mikroskopischen Gebilden, welche

meist von Urtierchen aus den Geschlechtern der Foraminiferen und Radiolarien stammen, andere Schichten setzen sich aus den Kieselnadeln der Seeschwämme oder Spongien zusammen. Die Thätigkeit der Korallentiere können wir heute noch im Meere beobachten, sind doch diese kleinen Tierchen imstande, ganze Inseln und Riffe aufzubauen, eine Thätigkeit, welche freilich mehr den jetzt lebenden Korallen, als denen der alten Erdperioden zukommt. Unter den Strahltieren oder Echinodermen sind die Crinoiden oder Seelilien zu erwähnen, welche in den alten Formationen oft die mächtigsten Kalkablagerungen erfüllen. Auch die Schalen der Muscheltiere sind bisweilen in solchen Massen zusammengeschwemmt, daß sie das ganze Gestein zusammensetzen. Je höher die Tiere entwickelt sind, desto mehr nehmen sie an Massenhaftigkeit ab, so daß wir zwar hie und da noch Massenanhäufungen treffen, ohne diesen Tieren jedoch einen eigentlichen gesteinsbildenden Charakter zuschreiben zu können.

Vergleichen wir die vulkanischen Bildungen mit den Sedimentärbildungen, so sehen wir, daß durch erstere neues Material aus der Tiefe der Erde nach der Oberfläche geschafft wird, während die Sediment-Ablagerungen weiter gar nichts darstellen, als eine fortwährende Umarbeitung und lokale Veränderung des an der Oberfläche schon vorher vorhandenen Materiales. Der Vulkanismus wirkt demnach in vertikaler, das Wasser in horizontaler Richtung auf unserer Erdoberfläche.

Die Bildung der Erdoberfläche.

Nachdem wir das Material kennen gelernt haben, das unsere Erdkruste zusammensetzt, bleibt uns noch die Aufgabe übrig, zu untersuchen, unter welchen Umständen die Bildung der Erdoberfläche mit ihren Bergen und Thälern vor sich gegangen ist. Die Sedimentärgesteine sind aus Niederschlägen des Wassers gebildet und darum ursprünglich in horizontalen Schichten abgelagert, demungeachtet sehen wir sie aber zum größten Teile in schräger Stellung auftreten und müssen deshalb annehmen, daß nach der Ablagerung noch weitere Veränderungen in örtlicher Beziehung oder Dislokationen vor sich gegangen sind. Zu demselben Resultate führt uns die Beobachtung, daß wir auf den höchsten Berggipfeln in den Gesteinen Versteinerungen finden, welche für eine Tiefsee-Ablagerung sprechen; wo also jetzt ein hoher Berg steht, mußte früher tiefes Meer gewesen sein. Es ist nicht möglich, daß früher auf der Erde mehr Wasser vorhanden war, als jetzt, es sind daher solche Erscheinungen nur durch ein mit bedeutenden Niveauveränderungen verbundenes **Schwanken der Erdoberfläche** zu erklären.

Wir gehen wieder von der Hypothese aus, daß die Erde aus einem ursprünglich gasförmigen, dann feuerflüssigen Zustand erstarrt ist. Mit dieser Erstarrung ging natürlich auch eine Zusammenziehung, eine Verringerung des Volumens Hand in Hand. Von der Zeit ab, da sich um die Erde eine starre Kruste gebildet hatte, traten in diesem Mantel ganz abnorme Spannungsverhältnisse ein, da der Mantel zwar das Bestreben hatte, sich dem inneren Kerne anzulegen, der immer mehr zusammenschrumpfte, aber

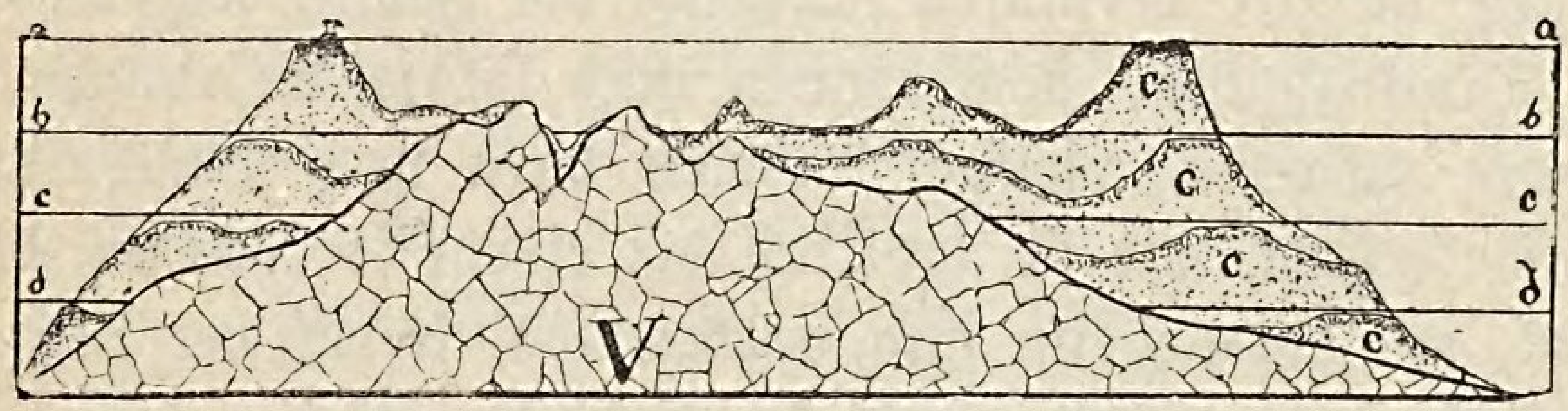
durch seine Starrheit daran verhindert wurde. Schließlich mußte es zu einem Brechen und Verschieben in dem Mantel kommen, um die Wölbung zu verringern; einzelne Teile schoben sich übereinander, andere wurden quer gestellt und dadurch ergab sich für weitere Massen Platz, um abzusinken. Das Bild des ursprünglich gleichmäßigen Mantels wurde nun ein sehr verworrenes, die Oberfläche wurde bedeckt mit Sprüngen und Rissen, und infolge der Verschiebungen entstanden Einsenkungen und Erhöhungen. Dieser Prozeß des Schrumpfens der Erde und ihrer Kruste dauerte aber durch alle Formationen bis zur Jetztzeit fort und so sehen wir auch heute noch dieselben Erscheinungen wie damals. Wir müssen uns aber davor hüten, uns diese Verschiebungen ruckweise und katastrophenartig zu denken, sondern sie gehen so langsam und gleichmäßig vor sich, daß sie sich in den meisten Fällen unserer direkten Beobachtung vollständig entziehen.

Man bezeichnet diese langsamen Verschiebungen als *säkulare Hebungen und Senkungen*, da es vieler Jahrhunderte bedarf, bis ihre Spuren auffällig werden. Diesen Bewegungen unterliegen ganze Kontinente ziemlich gleichmäßig und dies erschwert natürlich sehr die Beobachtung, doch bleiben uns in den Veränderungen der Küsten, menschlichen Wohnstätten, die jetzt unter dem Meeresspiegel liegen, den merkwürdigen Bauten der Korallenriffe, ferner echten Meeresbildungen hoch über dem jetzigen Meeresniveau und anderen Erscheinungen noch genügende Beweise, daß eine fortwährende Veränderung in dem Verhältnis von Meer und Festland stattfindet. Als Beispiele von Hebungen mögen die schwedischen Küsten angeführt sein, wo die Hebung auf Grund von eingeschlagenen Wassermarken in einem

Jahrhundert bis zu 1,36 m betragen hat. Als Beispiel kontinentaler Senkung dient am besten Polynesien mit der kontinentalen Tierwelt, die wir dort finden, und den großen Korallenbauten*).

Die weitgehenden Veränderungen, welche solche kontinentale Verschiebungen mit sich bringen, lernen wir erst kennen, wenn wir die geologischen Perioden in Betracht ziehen; ganze Weltteile, welche jetzt Festland sind, waren früher überflutet, und in einzelnen Fällen können wir noch auf das klarste das langsame Vordringen des Meeres über das alte Festland in geologischen Perioden nachweisen (Transgression).

*) Die riffbildenden Korallen leben nur in geringer Tiefe unter dem Meeresspiegel; nun finden wir aber Riffe, die bis zu bedeutender Tiefe hinabreichen; dies ist nur dadurch erklärlich, daß der Boden früher nur wenige Meter unter dem Meeresspiegel lag,



Korallenriff=Bildung.
V Vulkanischer Berg im Sinken begriffen. C Die Korallenriffe um denselben. b—b, c—c, d—d Verschiedene Meeresfläche und die damit verbundenen Stadien in der Entwicklung des Riffes. a—a Heutiger Standpunkt, in welchem das Korallenriff nur noch ein Atoll bildet.

auf dem sich die Korallen ansiedelten, durch fortdauerndes langsames Sinken des Untergrundes werden die Korallen gezwungen, immer wieder auf den alten abgestorbenen Stöcken aufzubauen, um nicht mit in die Tiefe zu sinken. So entstehen die Korallenriffe und Koralleninseln.

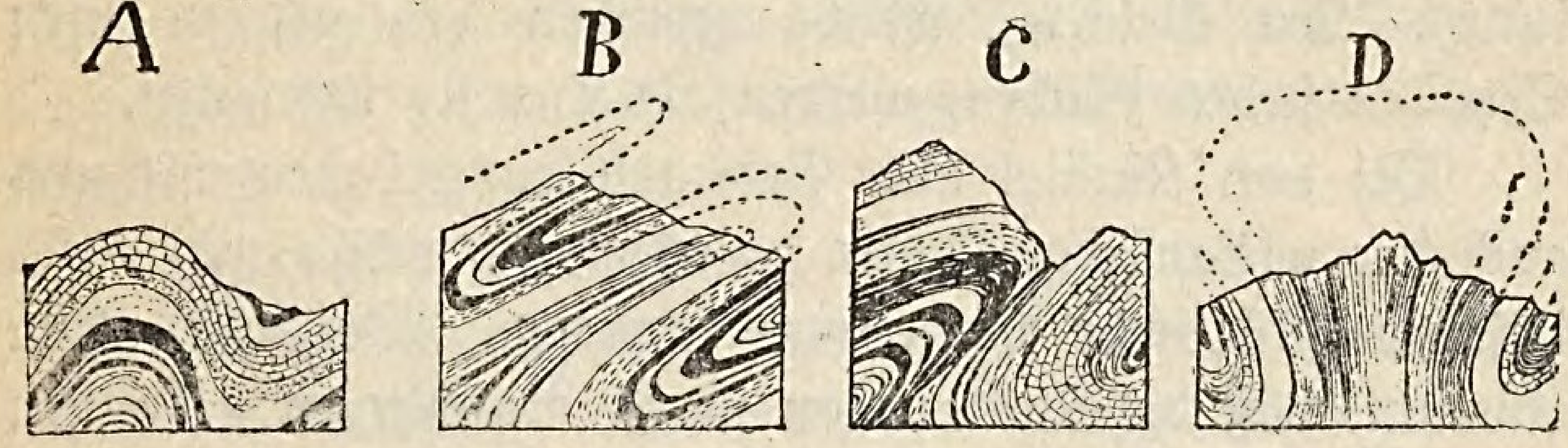
Wie die großen Erdmassen im ganzen, so unterliegen auch wieder die einzelnen Teile einer Verschiebung und Veränderung aus ihrer ursprünglichen Lage. An einzelnen Punkten muß es zu einem Ausgleich des übermäßigen Druckes kommen und dort werden nun die Massen entweder zusammengeschoben und emporgehoben, oder auch hat sich Platz gebildet, um ein Zusammenbrechen und Versinken einzelner Schichten zu ermöglichen. In beiden Fällen bilden sich Unebenheiten auf der Erde, die uns als *Gebirge* entgegentreten. Je nach der vorwiegenden Struktur derselben unterscheiden wir Faltengebirge oder Bruchgebirge. Die *Faltengebirge*, deren schönstes Beispiel unsere Alpen*) bieten, treten uns immer als langgezogene Kettengebirge entgegen; ihre Struktur erinnert uns an einen Stoß Papier, den wir von der Seite gleichmäßig zusammengedrückt haben und der nun vollständig gefältelt und zerknittert ist. Im großen ganzen verlaufen natürlich die Falten rechtwinklig zur Druckrichtung, doch können auch lokale Störungen in Menge auftreten, vielfach kommen dazu noch Brüche und Verwerfungen, wie sie natürlich bei einem so spröden Material, wie die Gesteine sind, vorkommen, so daß der Aufbau ein äußerst verwickelter und komplizierter werden kann.

Die *Falten* stellen bald einfache Aufbiegungen dar, bald sind sie vollständig übereinandergeschoben (liegende Falten), bald mit einer Bruchlinie verbunden und verzerrt

*) Die Alpen sind in ihrem zentralen Teile mehr oder minder in Fächerfalten gestellt, daran reiht sich nach außen ein System von komplizierten liegenden Falten, welche in ruhigere einfache Falten auslaufen. Der ganze äußere Teil ist von Spalten und Verwerfungen so durchsetzt, daß dieses Gebiet oft mehr den Eindruck eines Bruchgebirges als eines Faltengebirges macht.

(geschleppte Falten), oder auch finden wir die Schichten in Fächerstellung aufgerichtet.

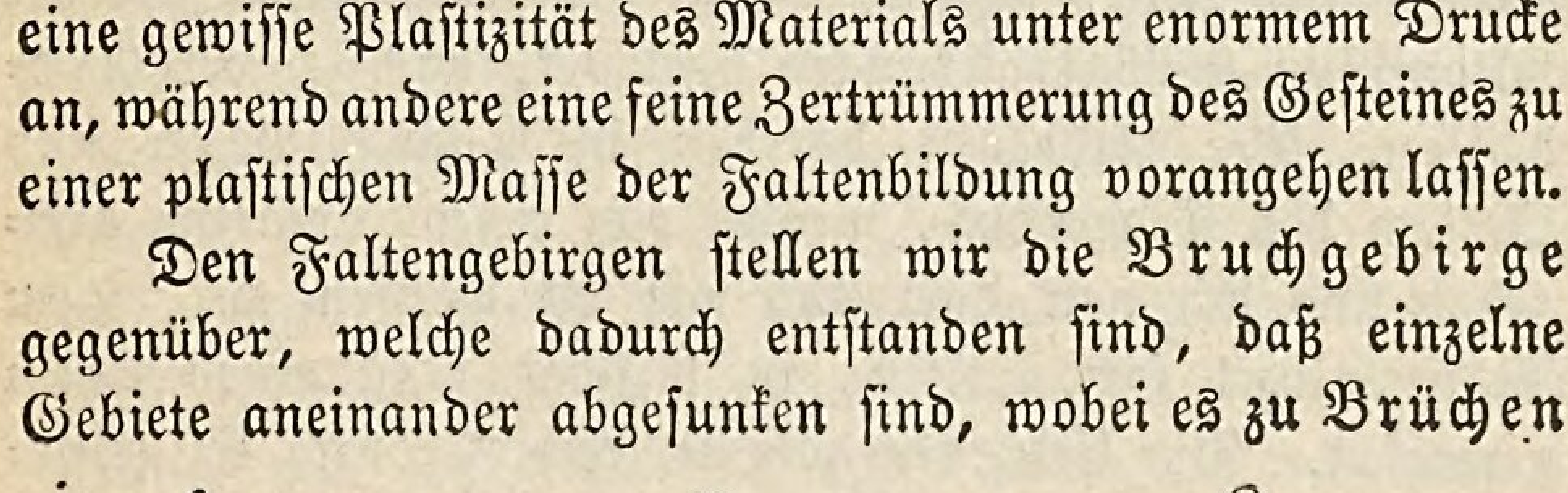
Die Faltung der Gesteine geht besonders bei den Schiefergesteinen bis in die kleinsten Teile und wird dann als Fältelung bezeichnet.



Verschiedene Faltenbildungen.
A Falte mit Faltensattel und Faltenmulde. B Liegende Falte. C Verschobene Falte. D Fächerstellung der Falte.

Um eine derartige Faltung des sonst so spröden Materials zu erklären, nimmt ein Teil der Geologen (Heim) eine gewisse Plastizität des Materials unter enormem Drucke an, während andere eine feine Zertrümmerung des Gesteines zu einer plastischen Masse der Faltenbildung vorangehen lassen.

Den Faltengebirgen stellen wir die *Bruchgebirge* gegenüber, welche dadurch entstanden sind, daß einzelne Gebiete aneinander abgesunken sind, wobei es zu Brüchen



Verwerfungen.
A Einfacher Bruch mit geschleppten Schichten an den Bruchrändern. B Staffelbruch. C Grabenversenkung mit Horsten (H).

oder *Verwerfungslinien* kam. Das Abgleiten kann in großen Tafeln geschehen und wir sprechen dann von *Tafelbrüchen*, oder ein treppenförmiges sein (Staffelbruch); bald ist der Bruch nur auf einer Flanke erfolgt, bald sehen wir das Gebiet an beiden Flanken abgesunken (Grabenversenkung). Die Gebiete, welche zwischen den abgesunkenen Schollen stehen bleiben, werden als *Horste* bezeichnet.

Bei dem Kapitel über Gebirgsbildung haben wir uns auch der vulkanischen Kräfte zu erinnern, welche gleichfalls imstande sind, hohe Berge emporzuwerfen. Wir haben schon erwähnt, daß die Vulkane an große Bruchlinien gebunden sind, aber sie bilden nie die Ursache einer Zersprengung des Bodens, sondern der Bruch muß zuerst vorhanden sein und der Eruptionsmasse Gelegenheit zum Empordringen geben. Auf diese Weise entstehen die *vulkanischen Gebirge*.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir einer Erscheinung Erwähnung thun, welche sowohl die vulkanischen wie die tektonischen Gebirgsbildungen begleitet, nämlich der *Erdbeben*. Die Erdbeben bestehen in Schwankungen und Stößen des Erdbodens, welche von einem Centrum ausgehen und sich von dort aus wie die Wellen auf einem Wasserspiegel fortpflanzen, in welchen man einen Stein geworfen. Die Erdbeben werden bewirkt durch Erschütterungen im Inneren des Erdbodens und diese finden ihre Erklärung zum großen Teile in plötzlichen ruckweisen Verschiebungen oder einem Brechen und Verstürzen der Schichten. Es erfolgt also hier infolge allzu großer Spannungen der Vorgang sehr plötzlich, welcher sonst nur sehr langsam und unmerkbar vor sich geht. Man bezeichnet diese Art von Erschütterungen als *tektonische Erdbeben*, sie zeichnen sich in der Regel durch lange Dauer und weite Verbreitung aus.

Andererseits bewirken natürlich auch die andringenden Dampf- und Feuermassen der Vulkane, welche bemüht sind, die auf ihnen lastende Decke zu durchbrechen, unter Umständen gewaltige Erschütterungen, welche als vulkanische Erdbeben zu bezeichnen sind. Sie beschränken sich nur auf die Umgegend der thätigen Vulkane und das Erdbebencentrum für sie ist der Kanal des Vulkanes, der im Begriffe ist zu explodieren.

Kleinere lokale Erdbeben, sog. Einsturzbeben, entstehen zuweilen infolge von Unterhöhlung des Bodens durch Wasser und ein Nachstürzen der darüber liegenden Gesteine. Sie sind jedoch von keiner weiteren Bedeutung und mögen nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Dem ununterbrochenen Kreislauf auf unserer Erde unterliegt, wie wir schon bei der Bildung der Sedimente gesehen haben, auch die feste Materie der Gesteine. In unermeßliche Höhen würden sich unsere Falten und Bruchgebirge auftürmen, wenn nicht eine zerstörende und ausgleichende Kraft mit ihnen nahezu gleichen Schritt halten würde; es ist dies die Thätigkeit des Wassers. Wir haben das Wasser bei der Sedimentbildung als schöpferische Kraft gesehen, hier bei der Betrachtung der Gebirgsbildung tritt es uns als zerstörende Kraft entgegen, und zwar in seinem chemischen wie mechanischen Wirken.

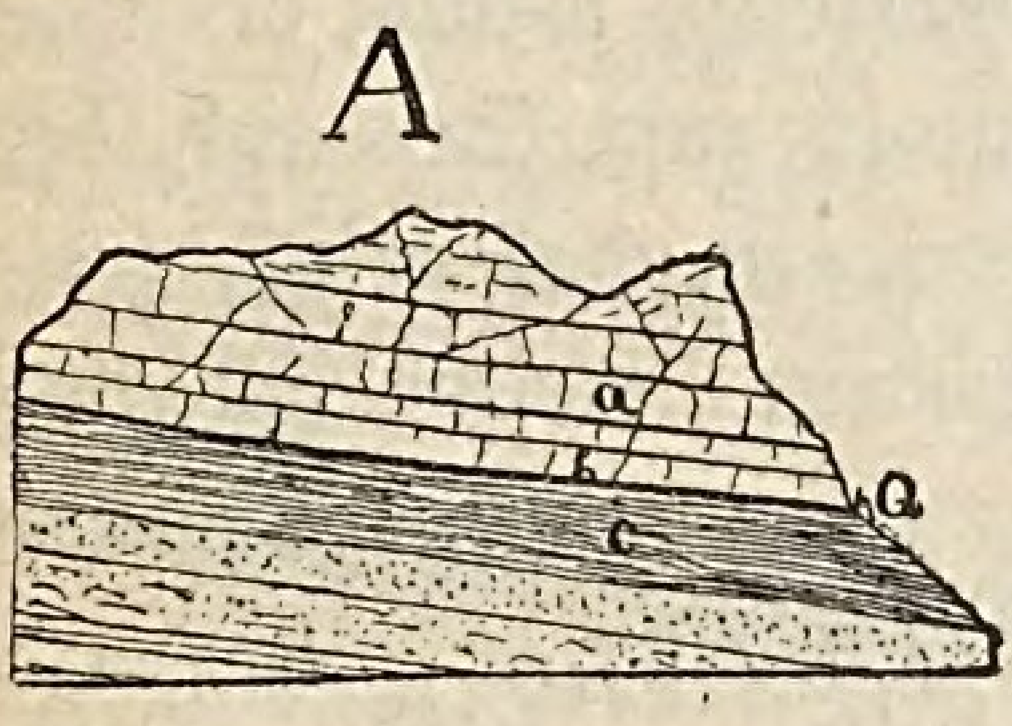
Kaum hat das Wasser als Regen den Boden berührt, so beginnt auch schon die Zerstörung und das Bestreben, wieder zum Meere zurückzueilen. Der Weg, den es hierbei einschlägt, ist ein doppelter; der eine Teil fließt auf der Oberfläche weg und führt dabei alle Hindernisse mit sich, welche sich ihm in den Weg stellen, seine Thätigkeit ist also eine mechanische; ein anderer Teil dringt in die Tiefe ein

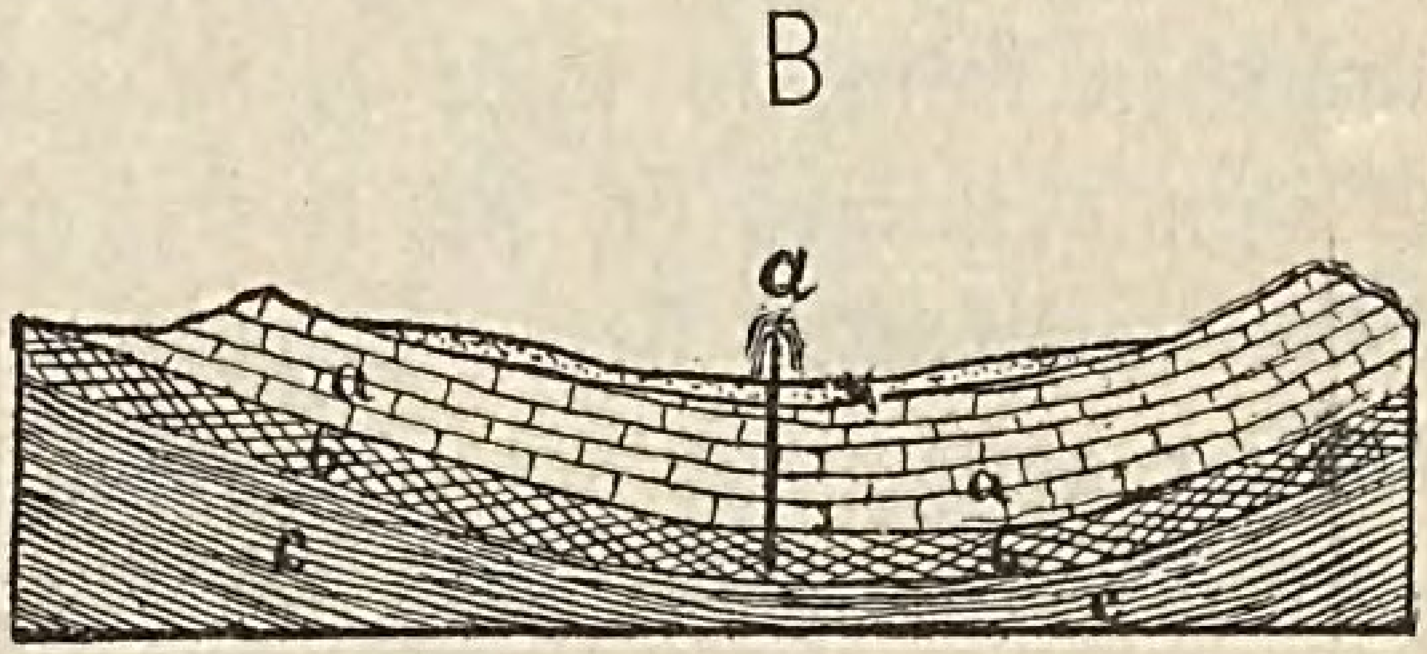
und wirkt dort durch Zersetzung der Gesteine auf chemischen Wege. Wir wollen zunächst diesen Prozeß etwas eingehender verfolgen.

Durch die Kohlensäure, welche das Wasser beim Durchsickern der Humusdecke aufnimmt, wird es befähigt, in mehr oder minder energischer Weise auf sämtliche Gesteine zersetzend einzuwirken. Einzelne Gesteine, wie Kalk, Dolomit, Gips und Steinsalz werden direkt aufgelöst und als Lösung fortgeführt; wir haben schon gesehen, wie diese Mineralien später, wenn das Wasser seiner Kohlensäure verlustig geht, wieder als neue Sedimente abgelagert werden (Seite 38). Andere Mineralien, wie die Silikate und wasserfreien Mineralien, müssen erst in lösliche wasserhaltige Mineralien umgewandelt werden. So wird der Anhydrit in Gips, die meisten Silikate in Thon umgewandelt und dann gelöst; ebenso bewirkt der Sauerstoff im Wasser eine Oxydation, die Kohlensäure eine Umwandlung in lösliche kohlensaure Verbindungen oder Karbonate. Es würde zu weit führen, auf diese oft sehr komplizierten Prozesse näher einzugehen, und betrachten wir deshalb sofort die Endresultate, welche zweierlei Erscheinungen zeigen. Einerseits werden die Gesteine der Oberfläche zersetzt und in leicht lösliche umgewandelt, was man als Verwitterung bezeichnet. Die vielen Sprünge und Risse des Bodens bilden natürlich die Angriffspunkte, und so sehen wir von diesen die Verwitterung ausgehen und um sich greifen. Anderseits werden die einsickernden Wasser von gelösten Mineralsalzen geschwängert und können nun als Mineralqellen wieder zu Tage treten und erfolgt dann die Neuablagerung an der Oberfläche, oder aber erfolgt diese in den tiefen Spalten der Gesteine und führt dort zu Bildungen von Mineral-

gängen in der Tiefe. In diesen finden wir die in den Nebengesteinen mikroskopisch fein enthaltenen Erze in größeren Mengen zusammengetragen, so daß sich ein Bergbau auf dieselben lohnt. Stößt das eingesickerte Wasser in der Tiefe auf leicht lösliche Gesteine, so wascht es diese aus und es entstehen unterirdische Hohlräume oder Höhlen. Häufig werden diese so groß, daß sie wieder in sich selbst zusammenstürzen und so zu den schon erwähnten Einsturzbeben führen.

Bei der vielgestalteten Zusammensetzung der Erdkruste stößt das Wasser in der Tiefe häufig auf Schichten, welche es weniger leicht durchsickern lassen, als andere, und es sieht sich dann gezwungen, auf dieser Schichte hinzufließen. Streicht die undurchlässige Schicht an der Oberfläche aus, so dringt auch das Wasser auf einem Spalt heraus und es entsteht eine Quelle.





Quellbildungen.
A Quelle durch schiefe Stellung der Schichten hervorgerufen. B Artesischer Brunnen: a wasserdurchlässige-, b wasserführende-, c undurchlässige Schichte. Q Quelle.

Wir können auch Quellen erbohren, indem wir den Spalt künstlich schaffen, in welchen dann das Wasser nach dem Prinzip kommunizierender Röhren emporsteigt. Hierauf beruht auch die Erscheinung der artesischen Brunnen (siehe Figur B).

Die mechanische Thätigkeit des Wassers sowohl

in seiner flüssigen wie in seiner festen Form als Eis haben wir schon früher besprochen. Sie besteht in einem Hinwegräumen aller lockeren Hindernisse, welche sich seinem Laufe in den Weg stellen, und man bezeichnet diese Thätigkeit als *Erosion*. Auch hier dienen wieder als Angriffspunkte zuerst die zahllosen Sprünge und Risse des Gesteines, welche immer wieder vergrößert und erneut werden, so daß dadurch eine fortwährende Lockerung der Gesteine bewirkt wird. Wir haben gesehen, daß auch ganze Schichtenkomplexe von mächtigen Sprüngen und Verwerfungen durchsetzt sind, und es ist natürlich, daß diese dem Wasser willkommene Angriffspunkte bieten. Die ursprünglichen Spalten werden erweitert und ausgewaschen und in breite Thäler umgewandelt; man bezeichnet sie demnach als *Spaltenthäler*, wenn sie in der Tectonik des Gebirges vorbedungen sind. Stößt aber ein Bach in seinem Laufe auf eine hindernde Bergkette, welche er nicht umgehen kann, so staut er sich anfangs zum See auf, bis es ihm gelungen ist, sich so tief einzunagen, daß er sich freie Bahn geschaffen hat. Derartige Thäler, welche sich das Wasser ausgenagt hat, ohne sich an ursprüngliche Spalten zu kümmern, nennt man *Erosionsthäler*.

Von den großartigen Veränderungen, welche durch die Thätigkeit des Wassers bewirkt werden, können wir uns kaum eine Vorstellung machen. Alle Bergformen, sowohl die schroffen Gipfel der Kalkgebirge, wie die rundlichen Höhen der Granite, ebenso wie die Schluchten, Thäler und Ebenen, sind durch das Wasser geformt und gebildet. Gebirge, deren Höhe unseren höchsten Gebirgen gleichkam, sind bis zur flachen Hügellandschaft, ja bis zur Ebene abgetragen, und nur die gefalteten und aufgerichteten Schichten zeugen noch von den früheren Störungen, welche dort statt-

gefunden haben. Der ganze über 20000 Meter mächtige Schichtenkomplex der Sedimentärformationen war vom Wasser transportiert und zum Ausgleich der Höhen unterschiedlich verwendet worden.

Historische Geologie oder Formationslehre.

Während wir uns in den vorangehenden Abschnitten einen Ueberblick zu verschaffen gesucht haben über das Material, das die Erdkruste zusammensetzt und die Kräfte, welche dabei thätig waren, stellt sich die historische Geologie die Untersuchung der einzelnen Schichten oder Formationen und, mit Hilfe der darin enthaltenen Überreste, die Entwicklung der irdischen Bewohner als Aufgabe.

Wie wir gesehen haben, stellen die vielen Glieder der Sedimentärformationen nur eine ununterbrochene Umwandlung und Neuablagerung des ursprünglich schon vorhandenen Materiales mit Hilfe des Wassers dar. Um so größer ist aber der zeitliche Unterschied dieser Ablagerungen, welche, wie heute, auch früher nur sehr langsam vor sich ging. Es ist nicht nötig, ja es ist überhaupt unmöglich, daß überall auf der Erde die Schichten gleichmäßig auf einander lagern oder gleichmäßig ausgebildet sind, denn die Ablagerung auf der einen Seite ging ja immer mit einer Zerstörung auf der anderen Seite vor sich. Im großen ganzen finden wir die mächtigsten Schichten durch das Meer abgelagert, während auf dem damaligen Festlande keine oder nur geringe

Ablagerungen vor sich gingen, ja im Gegenteil von diesem Lande ununterbrochen abgewaschen und weggeschwemmt wurde. Es können also in einer gewissen Erdperiode nur dort Schichten sich finden, wo sich Meer befand, während an anderen Punkten, dem damaligen Festlande, keine oder nur wenig gleichalterige Gesteine sich finden. Ebenso können früher abgelagerte, mächtige Schichtenkomplexe in späterer Zeit wieder vollständig oder bis auf wenige Überreste abgewaschen werden und verloren gehen. Daß wir trotzdem fast überall Meeresablagerungen finden, ist auf die schon besprochenen Hebungen und Senkungen der Kontinente zurückzuführen.

Es können aber auch die gleichalterigen Ablagerungen unter sich wieder sehr verschiedenartig ausgebildet sein. In den Meeren lagerten sich an den tiefen Stellen nur Kalk und feiner Schlamm ab, in welchem die Tierwelt der Tiefsee sich findet; die steilen Küsten und Riffe belebten Korallen und auf dem Grund festgewachsene Tiere; in den Strömungen der Meere wurde mehr Sand und Schlamm geführt, während am Strande grober Kies und Gerölle den Untergrund bilden können. Gleichzeitig mit den m a r i n e n Ablagerungen können aber auch auf dem Festlande sog. t e r r e s t r i s c h e Bildungen vor sich gehen; sumpfige Urwälder werden uns als Kohlenablagerung wieder entgegentreten, die Ströme werfen Schotter auf, in den Binnenseen lagert sich Schlamm mit den Bewohnern des süßen Wassers ab. Kurz, so mannigfach die Bildungen auf der Erde heute noch sind, so mannigfach haben wir sie uns auch in früheren Erdperioden vorzustellen. Man bezeichnet diese sowohl in ihrem Gesteinscharakter wie in den erhaltenen Überresten sich ergebende Verschiedenheit einer gleichalterigen For-

mation als Facies und spricht demnach von mariner, Tiefsee-, littoraler, terrestrischer ꝛc. Facies.

Durch sorgfältiges Vergleichen der verschiedenen Facies-Ausbildungen und ihrer Übergänge sucht nun der Geologe sämtliche gleichalterige Ablagerungen zusammenzustellen und bezeichnet sie als eine Formation. Die Formation umfaßt also eine Reihe von Schichten, welche unter sich sehr verschiedenartig ausgebildet sein können, aber doch ein gleiches Alter besitzen; sie ist damit zugleich ein zeitlicher Begriff und fällt zusammen mit einem gewissen Stadium der Entwickelung der Erde und ihrer Bewohner, einer sog. geologischen Erdperiode.

Um nun das Alter einer zu untersuchenden Schichte zu bestimmen, wird zuerst die Stellung derselben im ganzen Gebirgssystem erforscht. Man untersucht, ob die fragliche Schichte nicht von anderen uns bekannten Schichten überlagert oder unterlagert wird, dann wird der Gesteinscharakter in Betracht gezogen, vor allem aber ist zu untersuchen, welche Versteinerungen uns darin erhalten sind, denn nur nach ihnen läßt sich mit Sicherheit das Alter bestimmen. Demnach fällt auch die Hauptaufgabe der historischen Geologie auf das Studium der Versteinerungen, ihres geologischen Auftretens und ihrer Entwickelung, ein Studium, das als selbständige Wissenschaft — Paläontologie — die Vermittelung von Geologie und Zoologie bildet.

Wir kennen die Uranfänge des organischen Lebens nicht, denn dieselben fallen in eine Erdperiode, aus welcher uns keine erkennbaren Spuren mehr erhalten sind. Dabei müssen wir vor allem daran denken, daß uns nur die Hartgebilde der Tiere und in seltenen Fällen die Pflanzenstruktur erhalten ist; wer bürgt uns aber dafür, daß diese niederen

Organismen Hartgebilde besessen haben. Außerdem ist anzunehmen, daß selbst sehr feste Hartgebilde in dem durchgreifenden Umwandlungsprozesse, welchen wir zur Entstehung der krystallinischen Schiefer angenommen haben, gleichfalls mit umgewandelt worden sind und sich darum unserer Beobachtung entziehen. In den ältesten Schichten, aus denen uns Versteinerungen bekannt sind, treten uns deshalb schon verhältnismäßig hoch entwickelte Tiere entgegen; verfolgen wir die geologischen Perioden weiter, so sehen wir in großen Zügen eine stete, langsame Weiterentwicklung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt und eine Annäherung der ursprünglich niedrigen Flora und Fauna an die höchst entwickelte der Jetztzeit. Dies gilt aber nur von dem Bild im großen ganzen, in einzelnen Geschlechtern fällt die höchste Formenentwicklung in längst vergangene Erdperioden; sie sterben wieder aus oder verkümmern, um einem anderen, höher entwickelten Geschlechte Platz zu machen.

Um nun eine klare Übersicht zu bekommen, denkt man sich alle uns bekannten Schichten übereinander gelegt und gliedert sie in größere Gruppen, welche den Eintritt einer neuen Epoche in der Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt bezeichnen. Diese Gruppen oder Zeitalter zerlegt man sodann wieder in Formationen, die eine in sich mehr oder minder abgeschlossene Periode der Erdgeschichte darstellen und gleichfalls durch durchgreifende Merkmale der Pflanzen- und Tierwelt charakterisiert sind. Auch die Formationen werden wieder in Stufen oder Glieder zerlegt, eine Einteilung, welche sich durch das Auftreten bestimmter Arten oder Leitfossile rechtfertigen läßt. Gerade diese Leitfossile, welche in kurzen bestimmten Perioden über große Strecken verbreitet vorkommen und sich daher auf

eine einzige Schichte beschränken, geben ein Mittel in die Hand, das Alter der einzelnen Stufen sicher zu erkennen und diese selbst noch eingehender in Horizonte zu gliedern.

Bei der nun folgenden kurzen Zusammenstellung der Formationen muß ich mich natürlich darauf beschränken, ein möglichst gedrängtes Bild der Formation im ganzen zu geben, ohne dabei auf Einzelheiten oder auf Leitfossile für bestimmte Horizonte eingehen zu können.

Erstes Zeitalter der Erde oder die archäischen Formationen.

So tief auch unsere Blicke eindringen in die Erdkruste durch die gewaltigen Aufbrüche und Aufrisse der Erde selbst, durch Erosionsthäler und tiefe Bergwerke, so können wir doch noch nicht die älteste Formation feststellen, welche gebildet sein muß durch die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde. Was wir kennen, sind alles schon durch das Wasser bewegte und neu abgelagerte Massen. Wir müssen aber annehmen, daß die erste Erstarrungsmasse alle die Substanzen enthalten hat, welche wir später wieder verarbeitet finden, und dürfen ferner annehmen, daß sie sich am nächsten in ihrer Zusammensetzung an die ältesten uns bekannten Gneise anschließen wird. Es ist nicht wohl anzunehmen, daß uns diese Urformation irgendwo auf der Erdoberfläche zu Gesicht kommt, da alle Punkte der Erde im Laufe der geologischen Zeiten schon zu vielfachen Umwälzungen und Umänderungen unterlegen sind.

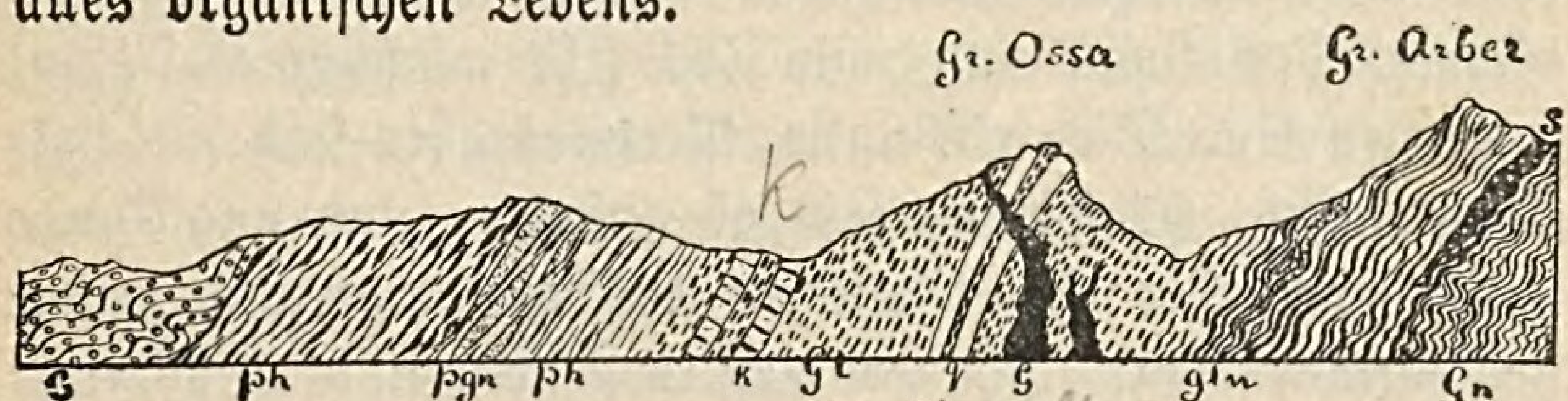
Die ältesten Formationen, welche unserer Beobachtung zugänglich sind, weichen von den späteren insofern ganz bedeutend ab, als sie krystallinischer Natur sind, also nicht einfache, sondern gemengte Gesteine darstellen. Man bezeichnet sie daher auch als krystallinische Schiefergesteine. Über die Art ihrer Zusammensetzung sowohl, wie über die Möglichkeiten ihrer Bildungsweise ist schon früher (S. 21 u. 35) gesprochen worden und es bleibt noch übrig, ihre gegenseitige Lagerung und ihre geologische Stellung kennen zu lernen.

Das älteste Glied ist die Gneisformation, welche in der enormen Mächtigkeit bis zu 30000 Meter unter allen bekannten Formationen liegt. Im allgemeinen bewahrt sie einen monotonen Charakter; dünnflaserige, schuppige oder feinschieferige Varietäten wechsellagern mit grobkörnigen oder dichten, scheinbar ungeschichteten Massen. In dem mächtigsten, genau studierten Gneiskomplexe des bayrischen Waldes überwiegt in den unteren Zonen die graue, in den oberen die rötliche Färbung. Nach oben stellen sich häufig Hornblende-reiche Varietäten ein (Amphibolschiefer), bald mehrt sich der Granat (Eklogit) und tritt an Stelle des Glimmers (Granulit). Schließlich nimmt der Gehalt an Feldspat ab, wogegen der Glimmer sich mehrt und in allmählichem Uebergang kommen wir zur zweiten Gruppe, der Glimmerschiefer-Formation. Auch in dieser wären wiederum eine große Reihe von Varietäten zu verzeichnen, je nachdem der eine oder andere Bestandteil vorwiegend wird. (Siehe Tabelle Seite 21).

Das jüngste Glied der archäischen Schiefer, die Phyllit-Formation, trägt zwar in den unteren Lagen noch ganz den Charakter der krystallinischen Schiefer und steht dem

Glimmerschiefer sehr nahe, in den höheren Horizonten jedoch stellen sich immer mehr thonige Beimengungen ein, so daß diese Gesteine oft kaum mehr nach ihrem Gesteinscharakter von den darauf folgenden jüngern Thonschichten zu trennen sind. Man bezeichnet daher die Phyllite auch als Urthonschiefer oder Uebergangsgebirge.

Vergebens schauen wir uns in den krystallinischen Schiefern nach den Ueberresten lebender Wesen um, wohl hat man in den eigentümlichen Serpentin- und Kalkgemengen aus der Gneisformation die Überreste eines großen Urschleimtieres zu erkennen geglaubt und es Eozoon genannt, und in den Phylliten Skandinaviens die Andeutungen organischer Reste gefunden, aber dennoch bleibt uns die ganze Fauna dieser Urzeit verborgen. Und doch muß diese Fauna eine überaus reiche und entwicklungsfähige gewesen sein und hatte sich auch bis zum Eintritt der nächsten Periode schon verhältnismäßig weit entwickelt. Es ist also vollständig unberechtigt, diese Urzeit als azoisch (ohne lebendes Wesen) zu bezeichnen, sondern sie enthält im Gegenteil den Urkeim alles organischen Lebens.



Die krystallinischen Schiefer im bayrischen Wald.

Gn Gneis. S Syenit lagerartig im Gneis. gln Uebergang zum Glimmerschiefer (Hornblendeschiefer). Gl Glimmerschiefer mit Granitgängen (G), Quarzitschiefer. k Körniger Kalk. ph Phyllit, z. Teil als Phyllitgneis (pgn) entwickelt. C Cambrium.

Tabellarische Uebersicht der archäischen Formationen.

Gesteinscharakter	Gliederung	Paläontologische Ueberreste	Gleichaltrige Eruptivgesteine	Verbreitungsgebiete
Krystallinische Schiefergesteine	Phyllit Glimmerschiefer Gneis	Spuren von Trilobiten Eozoon?	Diorit Diabas Syenit Granit	Central-Europa: Centralalpen, Schwarzwald, Vogesen, Spessart, bayrischer Wald, Fichtelgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge, außerdem in fast allen Ländern der Erde.

Zweites Zeitalter oder die paläozoischen Formationen.

Der Uebergang von den krystallinischen Schiefern in die paläozoischen Formationsgesteine ist, wie wir gesehen haben, ein ganz allmählicher und eine bestimmte Grenze daher in vielen Fällen nicht durchführbar. Immer mehr nehmen aber nun die einfachen und klastischen Gesteine überhand; zwischen den Thonschiefern stellen sich Grauwacken, Konglomerate, Sandsteine und zum Teil sehr mächtige Kalkablagerungen ein. Das wichtigste Merkmal aber sind die Versteinerungen, welche von jetzt ab auftreten und uns Kunde geben von einer längst wieder verschwundenen und untergegangenen Welt. In den meisten Fällen sind es Meeresablagerungen, welche uns erhalten sind, und die Fauna, welche uns entgegentritt, zeigt zwar schon in den ältesten Spuren eine verhältnismäßig hohe Entwicklung, aber es sind doch noch Formen, welche sich mit den jetztlebenden gar nicht oder nur sehr schwer in Einklang bringen lassen.

Es sind nur wenige Geschlechter vertreten, aber diese mit einem staunenswerten Reichtum der Formen und vor allem der Individuen; eine einzige Species tritt oft so massenhaft auf, daß sie mächtige Bänke ausschließlich erfüllt und zusammensetzt. Die Korallen zeichnen sich durch einen fremdartigen Charakter aus und nähern sich erst allmählich unseren jetzt lebenden Formen; man stellt sie als Zoantharia rugosa und tabulata den jetzt lebenden Hexacoralla gegenüber. Von den Strahltieren oder Echinodermen sind es die jetzt sehr seltenen Seelilien oder Crinoiden, welche in diesem Zeitalter ihren höchsten Formenreichtum entfalten, während die Seesterne und Seeigel selten sind. Auch die Muschel- und Schneckentiere haben durchgehend ein fremdartiges Aussehen, dazu kommen noch die ungemein zahlreichen Arten der Brachiopoden und der schalentragenden Tintenfische aus dem Geschlechte der Nautiliden. Den seltsamsten Charakter tragen die paläozoischen Gliedertiere, die sog. Trilobiten, welche bereits in den tiefsten Horizonten in zahlloser Menge auftreten, um dann in den jüngeren Schichten wieder vollständig zu verschwinden; sie sind kaum mit irgend einem lebenden Geschlecht der Krebse in Einklang zu bringen. Eigentümliche Fische von oft abenteuerlichen Gestalten beginnen in den mittleren Lagen dieser Formationen, und dazu kommen noch in den jüngsten paläozoischen Schichten Amphibien und Reptilien, aber alle von einer Form und einem Aufbau, wie wir ihn unter den jetztlebenden Tieren nicht mehr finden.

Was die Pflanzenwelt anbelangt, so können wir sie erst von der Zeit an richtig beurteilen, aus welcher uns reichliche terrestrische Ablagerungen bekannt sind. Aus den Meeresablagerungen sind uns nur Algen bekannt, in den

Steinkohlenablagerungen dagegen tritt uns eine Flora entgegen, welche, wie die Tierwelt, von der jetzigen vollkommen verschieden ist. Vor allem sind es die Gefäßkryptogamen, welche vorwiegen und zu riesigen Bäumen heranwachsen; daneben treten noch einzelne Koniferen auf, während die unsere jetzige Flora beherrschenden Dikotyledonen noch fehlen.

So finden wir in dem paläozoischen Zeitalter eine Urwelt entwickelt, welche uns in jeder einzelnen Form wie in ihrem Gesamtbild vollständig fremd entgegen tritt. Aber auch in dieser Welt können wir eine fortwährende Veränderung und Weiterentwicklung beobachten, und eben auf diese Veränderungen, auf das Aussterben einzelner Geschlechter und das Auftreten neuer gründet sich die Gliederung in einzelne Formationen.

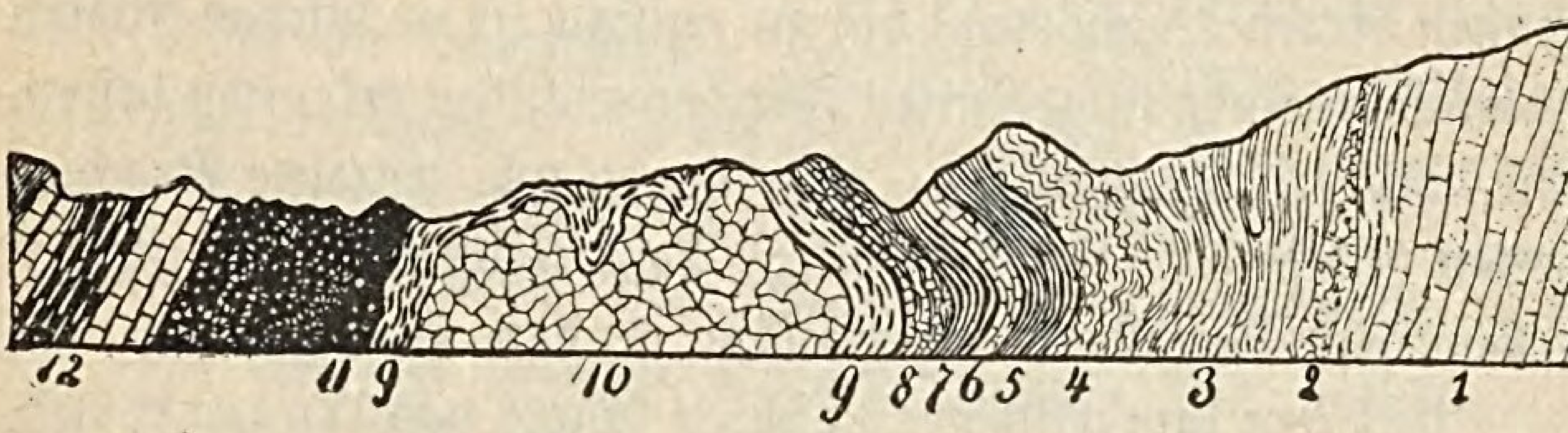
Die Eruptivgesteine der paläozoischen Schichten sind in den beiden älteren Gliedern noch dieselben oder wenigstens sehr ähnlich denen der krystallinischen Schiefer: Granit, Syenit, Diabas, Diorit und zwar in den Varietäten der Glimmerdiorite walten hier vor, während die jüngeren Glieder durch die massenhaften Eruptionen von Melaphyr und besonders Quarzporphyr ausgezeichnet sind.

1. Cambrium und Silurformation.

Nur an wenigen Stellen in Deutschland, am Nordrande des Fichtelgebirges, im Vogtlande und in Thüringen sind uns diese ältesten Versteinerungen führenden Schichten erhalten, um so schöner dagegen ist ihre Entwicklung in Böhmen und im Norden Europas, in Rußland, Skandinavien und Großbritannien, sowie in Nordamerika, wo sie den größten Teil der Ländergebiete zusammensetzen. Die

Gesamtmächtigkeit dieser Formation kann über 15000 Meter erreichen.

Der Gesteinscharakter, der hier vorwiegt, ist ein thoniger und sandiger, zu welchem sich untergeordnet auch Kalkablagerungen gesellen. Gewöhnlich ist der Übergang aus den Urthonschiefern der Phyllitstufe ein kaum merklicher, so daß in den unteren Horizonten Thonschiefer von schwarzer und grauer Farbe vorwiegen, welche nicht selten als Dach- und Griffelschiefer Verwendung finden. Zwischen diesen



Silur und Devon im Fichtelgebirge.

1 Cambrische Quarzite. 2 Phycoden-Schichten und Eisenerze des oberen Cambrium. 3—5 Unter-Silur, quarzitische Schiefer und untere Graptolithenschiefer, 6—8 Ober-Silur, 6 Kalke der Cardiola interrupta, 7 Graptolithenschiefer. 8 Tentaculiten-Kalke. 9—11 Devon, 9 unterdevon. Nereitenschiefer, 10 Diabas, 11 Diabastuffe. 12 Oberdevon mit Goniatitenkalken, Schalsteinen und Clymenienschichten.

Thonschiefern stellen sich Grauwacken und Sandsteine ein, welche besonders in den höheren Horizonten an Mächtigkeit zunehmen. Schwarze Kalke treten nur vereinzelt auf, sind aber dann fast immer durch einen erstaunlichen Reichtum an Versteinerungen ausgezeichnet. Die Ablagerungen, welche uns erhalten sind, weisen alle auf Meeresbildungen hin, und gehören daher auch alle Versteinerungen den Seetieren und marinen Pflanzen an; nur zufällig sind hie und da Bewohner des Landes in das Meer hineingespült und uns erhalten geblieben.

Die kambrische Formation bildet die unterste Stufe und lagert direkt auf dem Phyllite auf. Meist sind es nur undeutliche Spuren von Algen (Fucoiden) und die Kriechspuren von Würmern (Nereiten), welche uns in den tieferen Horizonten Zeugnis einer schon vorhandenen Tier- und Pflanzenwelt geben. Bald aber folgen Ablagerungen, mit wohlerhaltenen Versteinerungen, welche an einzelnen Orten vollständig das Gestein erfüllen. Den größten Teil der Fauna bilden Trilobiten, welche von den kleinen kaum 2 mm großen Arten (Agnostus) bis zu nahezu 1/2 m langen Riesen (Asaphus) einen ungeahnten Formenreichtum erkennen lassen. Die anderen Tiergruppen, von denen nur einzelne Brachiopoden (Lingula, Obolus, Orthis) bemerkenswert sind, treten neben den Trilobiten vollständig in den Hintergrund.

Auf den kambrischen Schichten lagert das Untersilur. Auch in diesen Ablagerungen spielen noch die Trilobiten eine Hauptrolle; von den kambrischen Geschlechtern sterben zwar einzelne aus, aber an deren Stelle treten beinahe ebensoviel neue Arten und man darf deshalb das Cambrium und Untersilur als den Höhepunkt in der Entwicklung der Trilobiten bezeichnen. Die im Cambrium nur schwach vertretenen Brachiopoden nehmen nun rasch an Formenreichtum zu (besonders Orthis und einzelne Spirifer-Arten), dazu gesellen sich noch die Schalen von Cephalopoden aus der Gruppe der Nautiliden; teils sind es gerade, stabförmige Formen (Orthoceras), teils gekrümmte und halb aufgerollte (Cyrtoceras, Lituites). Besonders leitend und charakteristisch sind die Graptolithen, welche in den Schieferablagerungen sich in unglaublicher Menge finden. Es sind dies die Skelettstücke eines unbekannten Tieres (wahrscheinlich aus der Gruppe der Hydroidpolypen), bestehend

aus einer stabförmigen Achse, an welcher sich seitlich die Zellen oder Kammern ansetzen.

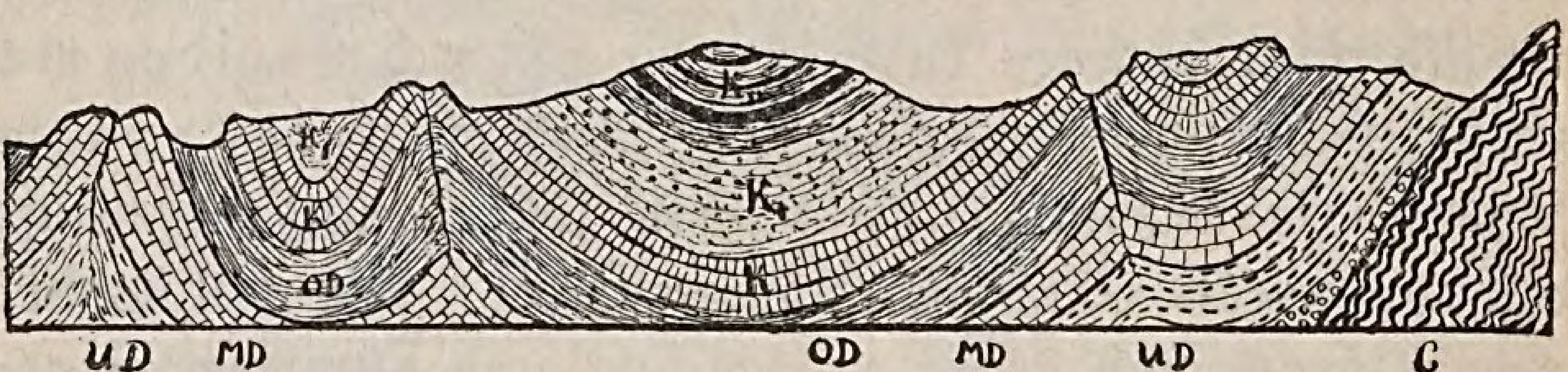
Das Obersilur zeigt zwar im großen ganzen noch eine ähnliche Zusammensetzung der Fauna, doch fällt das Schwergewicht der Tierwelt nicht mehr auf die Trilobiten, welche ebenso wie die Graptolithen einen Rückgang bemerken lassen, sondern auf die anderen Tiergeschlechter. Die Nautiliden und Brachiopoden stellen sich mit großem Artenreichtum ein; dazu gesellen sich die Seelilien in größter Entfaltung ihrer Formen. Sie waren zwar schon im Untersilur durch die kugelförmig gebildeten Cystideen vertreten, im Obersilur dagegen haben wir die echten Crinoiden mit Stiel, Kelch und Armen vor uns. Auch die Korallen vom Typus der Tabulata und Rugosa treten nun massenhaft auf und erfüllen einzelne Ablagerungen. Als vollständig neue Formen sind ferner unförmliche und abenteuerlich gestaltete Riesenkrebse (Gigantostraca) und die ersten Wirbeltiere in Gestalt von Fischen zu erwähnen; diese waren jedoch nicht mit Schuppen, sondern mit schildförmigen Panzerplatten bedeckt (Pteraspis).

2. Devonformation.

Dieses zweite Glied der paläozoischen Formationen reiht sich in den für das Silur erwähnten Verbreitungsgebieten an die älteren Schichten an, und bildet dort die direkte Fortsetzung dieses Schichtensystemes. In schönster Entwicklung finden wir es außerdem in dem rheinischen Schiefergebirge, wo es meist auf Thonschiefer der Phyllitformation auflagert. Sowohl im Gesteinscharakter wie in der Fauna zeigt sich das Devon sehr nahestehend den Silurablagerungen; auch jetzt noch überwiegen die Thonschiefer, Grauwacken

und Sandsteine, doch beteiligen sich auch Kalksteine in weit größerer Verbreitung als in der Silurformation. Während wir in dem Silur ausschließlich marine Ablagerungen vor uns haben, treffen wir im Devon schon Spuren von Festländern, auf denen sich eine Landflora mit Gefäßkryptogamen entwickelte. In der Tierwelt zeigt sich eine stete Weiterentwicklung, was sich besonders bei den Wirbeltieren geltend macht, welche zwar auf die Fische beschränkt bleiben, aber in einem großen Formenreichtum auftreten.

Eschweiler Kohlenmulde.



Devon und Carbon der Eifel.

C Cambrium, UD Koblenzer Schichten mit Pleurodictyum. MD Eifler Kalk mit Calceola und Stringocephalus. OD Oberdevon mit Goniatiten und Clymenienkalken. K Kohlenkalk. K_1 Culmschichten. K_2 Produktive Steinkohle.

Man gliedert die Devonformation in drei Glieder, ein Unter-, Mittel- und Oberdevon. Jede Abteilung zeichnet sich in der Regel schon durch besondere Ausbildung der Gesteine aus, aber vor allem waren bei dieser Einteilung bestimmte Leitfossile maßgebend, während im großen ganzen die Fauna der Devonformation sich sehr gleichmäßig bleibt.

Das **Unterdevon** wird durch einen mächtigen Komplex von sandigen Schichten, meist Grauwacken, Quarziten und Sandsteinen, gebildet, in denen die Versteinerungen nur schlecht erhalten sind. Unter den Korallen bildet das eigentümliche **Pleurodictyum problematicum**,

das fast immer nur als Hohlraum oder Steinkern vorkommt, ein sehr gutes Leitfossil, ebenso wie einzelne Spirifer-Arten (Spirifer macropterus und cultrijugatus). Die Trilobiten und Crinoiden treten gegenüber der Silurfauna vollständig in den Hintergrund, dagegen werden die Muscheln und Meerschnecken zahlreicher. Dies macht sich besonders in der zweiten Abteilung, dem Mitteldevon, geltend. Diese Schichten, meist aus Kalksteinen und Mergeln bestehend, zeichnen sich durch außerordentlichen Reichtum an Versteinerungen aus. An einzelnen Punkten, wie in der Eifel, finden wir förmliche Korallenablagerungen, sog. paläozoische Korallenriffe, in welchen wir außer den zahlreichen Korallen auch sonstige Meeresbewohner in Hülle und Fülle antreffen, und welche uns erst ein richtiges Bild von dem damaligen üppigen Meeresleben geben können. Unter den Korallen zeichnet sich besonders eine merkwürdige, mit Deckel versehene Einzelkoralle (Calceola) und das häufig zu Stöcken verschmolzene Cyathophyllum durch Häufigkeit aus. Von den Crinoiden ist nur Cupressocrinus zu erwähnen; ganz einzig für dieses Formationsglied dagegen sind die Brachiopodengeschlechter Stringocephalus und Uncites. Auch Nautiliden, sowohl gerade gestreckte wie gekrümmte, sind sehr häufig, und dazu treten noch eine Reihe von Muscheln (Pterinea und Megalodon) und Schnecken (Pleurotomaria); von den Trilobiten ist nur noch eine Gattung (Phacops) von Bedeutung.

Das Oberdevon schließlich zeichnet sich dadurch aus, daß die Cephalopoden eine sehr wichtige Entwicklung zeigen, indem jetzt die ersten Anfänge der später so wichtigen und formenreichen Gruppe der Ammoniten auftreten in Gestalt von 2 Geschlechtern, den Goniatiten und

Clymenien, welche als Vorläufer der Ammoniten angesehen werden.

Die für die Devonformation so charakteristischen Fische finden sich nur selten in den deutschen Meeresablagerungen, um so häufiger dagegen in den mehr littoralen Sandsteinen des Oberdevons von Schottland, dem sogenannten „alten roten Sandstein“. Sie zeichnen sich durch großen Reichtum der Arten aus, sind zum Teil mit großen Panzerplatten bedeckt und haben dann eine ganz fremdartige Gestalt (Coccosteus Pterichthys), oder aber tragen sie Schuppen, welche mit dickem Schmelz überzogen sind; man bezeichnet sie als Ganoidfische.

3. Steinkohlen-oder Carbon-Formation.

Die beiden jüngeren paläozoischen Formationen haben unter sich große Ähnlichkeit, wie dies bei den beiden alten Gliedern, dem Silur und Devon, der Fall war. Schon zu Ende der Devonzeit lassen sich Unterschiede zwischen Festland und Meer konstatieren, doch überwiegt noch bei weitem der marine Charakter. In den nun folgenden Ablagerungen dagegen haben wir eine scharfe Trennung von Meer



Saarbrücker Kohlenrevier.

D Devonisches Grundgebirge. I Tiefste flötzleere Sandsteine des Carbon. II Saarbrücker Stockwerk, produktive Steinkohle. III Pfälzer Stockwerk, oberes Carbon mit wenig Flötzen. R Unteres Rotliegendes. R_1 Oberes Rotliegendes. M Melaphyrgänge und Decken. Bdst Buntsandstein.

und Land und demgemäß *terrestrische* und *marine* Ablagerungen, welche scheinbar gar nichts mehr miteinander gemein haben, obgleich sie geologisch gleichaltrig sind.

Die Meeresablagerungen bestehen aus mächtigen Kalk- und Thonschichten, dem sog. *Kohlenkalk*, mit einem großen Reichtum an Seetieren, welche eine fortlaufende Kette in der Entwicklung der alten paläozoischen Formen darstellen. Unter den Urtierchen (Foraminiferen) wird besonders eine etwa erbsengroße walzenförmige Form, die *Fusulina*, ein gutes Leitfossil, das über die ganze Erde verbreitet ist. Die Korallen zeigen zwar eine Reihe neuer Geschlechter, sind aber doch noch mit den alten Formen aufs nächste verwandt. Erstaunlich ist die Entwicklung der *Seelilien*, welche im Kohlenkalk den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen. Im Rückgang begriffen sind dagegen die Brachiopoden, unter denen das große Geschlecht der Orthiden ausstirbt, und vor allem die Trilobiten, welche nun vollständig erlöschen. Die Cephalopoden sind nur gering vertreten, es treten nur wenig neue Formen aus der Gruppe der Ammoniten auf, während die Nautiliden an Formenreichtum abnehmen. Die *Muscheln* und *Schnecken* entfalten sich immer mehr und liefern eine Reihe wichtiger und guter Leitfossile. Unter den Fischen treten außer zahlreichen Haifischarten nur *Ganoidfische* auf, die Knochenfische fehlen noch gänzlich.

Kommen wir nun aus den Gebieten der tiefen Meere, welche die Kohlenkalkablagerung darstellt, näher zur ehemaligen Küste, wo die Meere seichter waren, und zugleich viel mehr Material vom Festland her zugeführt bekamen, so finden wir dort Ablagerungen von ganz anderm Gesteinscharakter. Man bezeichnet sie als *Culm-Formation*.

Diese Gebilde der Uferzone bestehen durchgehend aus Konglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken, dazwischen treten auch Schiefer, Thon und Kalkablagerungen, ja vereinzelte Kohlenflötze auf. Eine große Petrefaktenarmut macht sich bemerklich, und nur wenige mit dem Kohlenkalk gemeinsame Arten beweisen die geologische Gleichaltrigkeit dieser beiden Schichten, welche die unteren Glieder der Steinkohlenformation darstellen.

Die *produktive Kohlenformation* stellt die oberste und wichtigste Gruppe dar und besteht aus Sandsteinen, zwischen welchen Schieferthone und Kohlenflötze wechsellagern. Die Anzahl sowohl, wie die Mächtigkeit der Flötze ist eine schwankende, bald sind sie nur wenige Centimeter dick und deshalb nicht abbauwürdig, bald aber schwellen sie zu einer Mächtigkeit von vielen Metern an. Die Kohlenablagerungen sind entstanden aus einer üppig wuchernden Flora, welche die sumpfigen Niederungen des damaligen Festlandes bedeckte. Die Ablagerungen sind immer muldenförmig angeordnet und auf verhältnismäßig kleine Strecken, sog. *Kohlenbecken* oder Kohlenreviere, verteilt. Sowohl diese muldenförmige Lagerung, als vor allem die Entstehung der Flötze aus Landpflanzen und die mit diesen vorkommenden Landtiere machen es zweifellos, daß die produktive Kohlenformation eine terrestrische Bildung ist, welche sich in Süßwassertümpeln abgelagert hat.

Das größte Interesse nimmt natürlich die *Flora* in Anspruch, welche sich, wie die paläozoischen Tiergeschlechter, zwar durch unglaubliche Massenhaftigkeit und Üppigkeit der einzelnen Arten, aber doch durch große Armut und Eintönigkeit der Geschlechter auszeichnet. Abgesehen von wenigen echten Koniferen aus der Gruppe der Araucarien, wurde

die ganze **Kohlenablagerung** von Cryptogamen gebildet; die Calamarien oder Schachtelhalme (Calamites, Asterophyllum und Annularia) wucherten in den Sümpfen, Farnkräuter und zwar vorzüglich Baumfarne (Neuropteris, Odontopteris, Pecopteris und Alethopteris) waren mehr auf den trockenen Boden angewiesen. Den größten Anteil an der Kohlenbildung hatten die eigentümlichen Sigillarien und Lepidodendron, welche zu gewaltigen Bäumen von über 30 m Höhe heranwuchsen; der ganze Stamm ist mit Blattnarben besetzt, an welchen lange Nadeln saßen, die Wurzeln (sog. Stigmarien) sind vielverzweigt und verbreitet, aber nur äußerst selten werden sie mit den Stämmen im Zusammenhang gefunden. Die systematische Stellung dieser Bäume ist schwierig; Lepidodendron wird zu den Lycopodiaceen gestellt, während die Stellung von Sigillaria noch schwankend ist. Damit ist die Flora schon erschöpft, denn alle weiteren Pflanzengruppen, vor allem die angiospermen Dicotyledonen, fehlen noch; in welcher Üppigkeit aber diese wenigen Arten wucherten, kann man sich kaum vorstellen, denn unzählige Stämme und Blätter waren nötig, um solche Kohlenablagerungen zu hinterlassen, wie wir sie in der Kohlenformation antreffen.

Die Tiere treten neben den Pflanzen vollständig in den Hintergrund und gehören zu den größten Seltenheiten. Um so interessanter ist es aber, daß uns Funde von karbonischen Spinnen, Skorpionen, Termiten, Heuschrecken und andern Insekten vorliegen, welche uns beweisen, daß auch diese Gruppen schon ein hohes Alter besitzen. Noch wichtiger ist das erste Auftreten von geschwänzten Amphibien, Salamander-ähnlichen Geschöpfen, welche jedoch im Skelettbau noch sehr von diesen verschieden sind und An-

klänge an die Fische zeigen. Man hat die ganze Gruppe dieser alten Amphibien, welche wieder in der Trias aussterben, als Stegocephalen bezeichnet.

Die Verbreitung der produktiven Kohlenformation ist, wie schon erwähnt, auf einzelne Becken beschränkt; in Deutschland ist es Nieder- und Oberschlesien, Sachsen zwischen dem Erz- und Mittelgebirge, das Saargebiet und Westfalen, welche besonders gesegnet sind; kleinere Vorkommnisse sind im Fichtelgebirge, Vogesen und im badischen Schwarzwald vorhanden, wogegen in Württemberg die Tiefbohrung auf Steinkohlen resultatlos blieb.

Außerhalb Deutschland ist in Europa vor allem Großbritannien durch großen Kohlenreichtum ausgezeichnet, auf dem Kontinent ist das belgische und böhmische Kohlenrevier von Bedeutung. Die marinen Ablagerungen (Kohlenkalk und Culm) bilden bald das Liegende in den genannten Kohlenbecken, bald treten sie auch selbständig ohne Kohlenflötze auf, sowohl in Deutschland (Fichtelgebirge, Thüringen, Harz), wie in Rußland, Frankreich und Spanien. Große Kohlenreviere scheinen sich in China zu befinden, und noch bedeutender sind diejenigen von Nordamerika, welche zusammen ein Areal von ca. 5500 Quadratmeilen umfassen.

4. Die Permische oder Dyas-Formation.

Dieses jüngste Glied des paläozoischen Zeitalters schließt sich aufs engste an das Carbon an und bewahrt im großen ganzen denselben Gesteinscharakter und nahe verwandte Organismen. Auch hier herrschen die litoralen und sog. terrestrischen Bildungen vor, Konglomerate, Sandsteine mit untergeordneten Kohlenflötzen, Mergel und Thon bilden die Sedimentgesteine der unteren Dyas oder Rot-

liegenden; nur den oberen Abschluß bilden Schiefer (Kupferschiefer) und marine Kalk- und Dolomitablagerungen, der sog. Zechstein. Besonders wichtig für das Rotliegende sind die massenhaften Eruptivgesteine, unter denen die Quarzporphyre die erste Stelle einnehmen. Diese bilden nicht nur als ausgedehnte Decken einen großen Teil der Schichten selbst, sondern sie lieferten auch größtenteils das Material für die Konglomerate und Sandsteinschichten. In zweiter Linie sind die mächtigen Salzstöcke in Norddeutschland zu nennen, welche in diese Periode fallen, und ihre Entstehung wohl großen abflußlosen Inlandsseeen verdankten. In den terrestrischen wie in den marinen Ablagerungen finden wir noch paläozoische Fauna und Flora, aber beide sind auf wenige Formen beschränkt, wie überhaupt in der Dyas eine große Petrefaktenarmut herrscht. Die Calamarien und Farne der Kohlenformation sind auch noch im Rotliegenden vorherrschend, nur die Sigillarien und Lepidodendron-Arten sind durch echte Koniferen vertreten. Unter den niederen Seetieren herrschen im Zechstein noch einige paläozoische Brachiopoden (Productus) vor, aber die Zeit der Nautiliden, Goniatiten, Trilobiten, der paläozoischen Crinoiden und Korallen ist zu Ende. Nur die Fische sind durch mehrere Ganoid-Fische (Palaeoniscus) vertreten und die Stegocephalia erreichen den Höhepunkt ihrer Entfaltung. (Archegosaurus, Branchiosaurus, Melanerpeton u. a.). Einen wesentlichen Schritt in der Entwicklung der Wirbeltiere bezeichnet das erste Auftreten echter Reptilien (Palaeohatteria und Proterosaurus). Die Verbreitung der beiden permischen Formations-Glieder, Rotliegendes und Zechstein, ist in Deutschland eine sehr große, sie schließt sich an die Kohlenbecken und an die spätere Triasformation an.

Drittes Zeitalter oder die mesozoischen Formationen.

Mit dem Auftreten der über der Dyas gelagerten Schichten sehen wir eine neue Aera in der Geschichte der Erde aufgehen, welche sich von dem paläozoischen Leben weiter entfernt, als von dem der Jetztzeit. Es darf keineswegs gesagt werden, daß zwischen beiden Zeitaltern eine trennende Kluft stehe, sondern sie gehen beide vollständig ineinander über. Während eine große Reihe der Tierwelt sich gleichbleibt, sehen wir an Stelle anderer ausgestorbener Arten eine große Anzahl neuer auftreten und dazu kommen noch vollständig neue höher entwickelte Tier- und Pflanzengruppen mit großem Artenreichtum, welche dem Gesamtbild ein verändertes und mannigfaltigeres Gepräge verleihen. In der Pflanzenwelt gehen zwar noch die Gefäßkryptogamen, wenn auch mit neuen Arten durch, aber sie werden überwogen von den Koniferen, und dazu gesellen sich noch die ersten angiospermen Dicotyledonen, die echten Laubhölzer. Die in den paläozoischen Formationen leitenden tabulaten Korallen machen den Hexakorallen Platz, die Crinoiden, Brachiopoden und Nautiliden beschränken sich auf wenige Arten; dafür werden die Crinoiden vollständig durch die Echiniden oder *Seeigel*, die Nautiliden durch die echten *Ammoniten* und *Belemniten* vertreten. Anstatt der Trilobiten erscheinen nun *echte Krebse*, die Fische entfalten einen großen Formenreichtum und es gesellen sich zu den Selachiern und Ganoiden noch *Knochenfische* (Teleostei); die Stegocephalia schließlich wachsen zwar in ihren Endgliedern zu riesigen Formen heran, erlöschen aber damit schon in dem

ersten mesozoischen Formationsgliede. Eines der besten Merkmale des mesozoischen Zeitalters giebt die Entfaltung der Reptilien, welche den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen. Neben ihnen treten auch schon die ersten Vögel und Säugetiere auf.

So gestaltet sich Tier- und Pflanzenwelt in der mesozoischen Periode unendlich mannigfacher und formenreicher gegenüber der früheren Zeit, und wenn sie auch noch von dem Bild der Jetztzeit weit abweicht, so sehen wir doch schon einen ganz wesentlichen Schritt zur Annäherung.

Was die Gesteine anbelangt, so läßt sich im allgemeinen nur sagen, daß die Kalkgesteine mehr vorwiegen und neben ihnen die Sandsteine und Thone, während die kieselhaltigen Quarzite, Grauwacken und Schiefer nur untergeordnet auftreten. Vulkanische Eruptionen gehören während dieses Zeitalters zu großen Seltenheiten, und sind daher von untergeordneter Bedeutung.

5. Die Trias-Formation.

Die Trias legt sich als unterstes Glied der mesozoischen Formationen auf die Dyas auf und bildet in Deutschland wohl die verbreitetste aller Formationen. Hatten wir schon im Carbon und der Dyas streng die terrestrischen und marinen Ablagerungen auseinander zu halten, so ist dies in gleichem Maße bei der Trias der Fall. Ganz Deutschland muß zur Triasperiode ein flaches Küstenland dargestellt haben, in welchem durch geringe Oscillation des Kontinentes bald seichte Meere sich ausbreiteten, bald große Binnenseen abgeschnürt wurden, welche zu petrographisch sehr verschiedenartigen Ablagerungen führten.

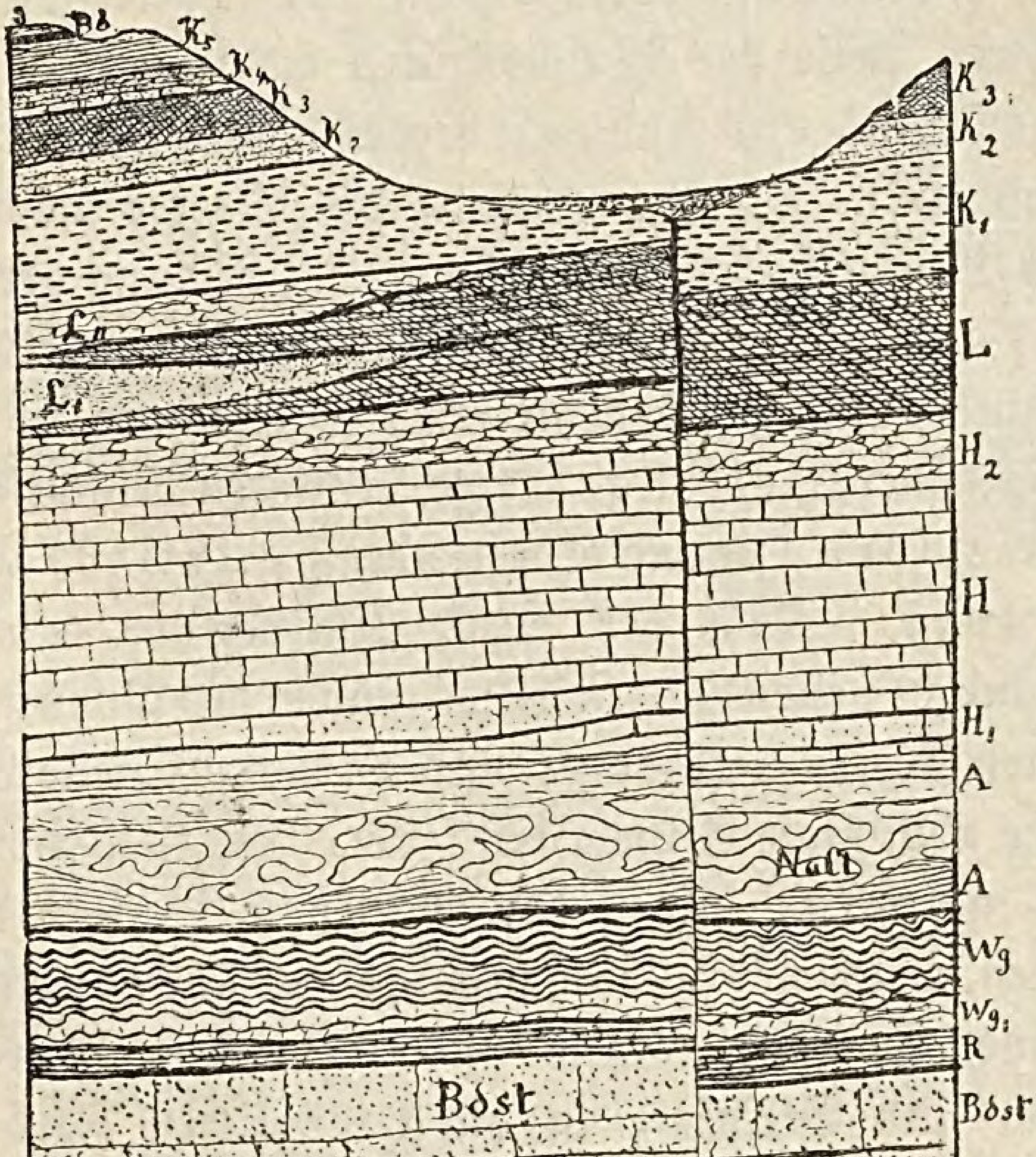
Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse da, wo tiefe Meere ihre Niederschläge hinterlassen haben, wie wir dies in den Alpen treffen. Während sich in der deutschen Trias Sandsteine, Kalke, Salzstöcke und bunte Mergel mit terrestrischer Flora und Fauna oder auch mit Meertieren vermischt vorfinden, treffen wir in der alpinen Trias fast nur Kalke und Mergel mit ausschließlich mariner Tierwelt.

Wir betrachten zuerst die außeralpine *deutsche Trias*, welche durch ihre ausgezeichnete Gliederung in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper zum Namen Trias Veranlassung gegeben hat.

Der *Buntsandstein* ist eine außerordentlich gleichmäßige Sandsteinablagerung von 300—400 m Mächtigkeit; der Sandstein ist meist durch Eisengehalt rot gefärbt und besitzt ein gleichmäßiges feines Korn, weshalb er sich als Baustein ganz besonders gut eignet (Heidelberger Schloß). Für den Geologen und Paläontologen bietet er so wenig Anziehendes, wie das Rotliegende, da in ihm die größte Petrefaktenarmut herrscht. Nur hie und da zeugen Pflanzen (Voltzia) oder die Fährten von riesigen Stegocephalen (*Chirotherien*), daß das Leben nicht vollständig erloschen war. Erst in den obersten Schichten, dem sog. *Röth*, treten Abdrücke von Muscheln in größerer Häufigkeit auf und bilden den Uebergang zum

Muschelkalk. Wir können uns den Buntsandstein als eine Art von Dünenbildung vorstellen, welche nun von einem seichten Meer überflutet wurde. Schon der Name Muschelkalk deutet den großen Reichtum an Versteinerungen an, welche meist aus den zahllosen Schalen von Muscheln bestehen, unter denen die glatten Trigonia-Arten, die sog. *Myophorien*, die wichtigsten sind. Korallen und Spon-

gien fehlen ganz, dagegen tritt eine Crinoiden-Art, der *Encrinus liliiformis*, in erstaunlicher Menge auf und seine Stielglieder bilden den Crinitenkalk. Von den Brachiopoden zeichnet sich die *Terebratula vulgaris* durch ihre Häufigkeit aus. Ausschließlich auf den deutschen Muschelkalk beschränkt sind die Ammoniten mit einfachen Sutur-



Schwäbische Trias (Untergrund von Stuttgart).

Bdst Buntsandstein. R Röth. Wg Wellengebirge mit Dolomit (Wg_1) und Kalk. A Anhydritgruppe mit Salzstöcken (NaCl). H Hauptmuschelkalk. H_1 Encriniten-Horizont. H_2 Ceratites nodosus-Horizont. L Lettenkohle mit L_1 Lettenkohlen-Dolomit und L_2 Lettenkohlen-Sandstein. K Keuper. K_1 Untere Gypsmergel. K_2 Schilfsandstein. K_3 Rote Gipsmergel. K_4 Stuben- oder Belodonsandstein. K Violette Mergel (Zanclodon). Bd Bonebed des Rhät. J Schwarzer Jura.

linien, der Ceratites nodosus und C. semipartitus. Auch Saurier bevölkerten neben den spärlichen Fischen das Meer und zwar waren es unförmliche, an die Schildkröten erinnernde Formen mit gedrungenem Leib, kleinem schlankem Kopf auf einem langen Hals und kurzen zum Schwimmen geeigneten Füßen (Nothosaurus).

In Süddeutschland, besonders in Württemberg, finden sich im mittleren Teile des Muschelkalkes mächtige Salzstöcke, welche von Gips und Anhydrit begleitet sind (Friedrichshall, Wilhelmsglück). Die Schwankung des Meeres während der mittleren Muschelkalkzeit, welche die Salzbildung veranlaßte, macht sich auch in den andern deutschen Gebieten geltend und hat Veranlassung gegeben zu einer Dreiteilung in unteren Muschelkalk oder Wellengebirge, mittleren Muschelkalk oder Anhydrit-Gruppe und oberen oder Hauptmuschelkalk.

Keuper. Nach der Muschelkalkperiode kam es in Deutschland zu neuen großen Bewegungen des Bodens, welche die offenen Meere verdrängte und an deren Stelle Lagunen und große abflußlose Binnenseen setzte. Die Gesteine, welche sich hier absetzten, bilden den buntesten Wechsel der Ablagerungen, welchen wir überhaupt in einer Formation kennen. Sandsteine, Dolomite, Kalke und vor allem Mergel mit viel Gips und Steinsalz in allen möglichen Farbentönen kennzeichnen diese Keuperschichten. Sie sind im ganzen terrestrischer Natur, dafür sprechen die vielen Pflanzenreste und die Landsaurier, die Seen selbst waren, wie z. B. heute noch das Tote Meer, gefüllt mit einer übersättigten Lösung von Salzen, in welchen ein Leben für Seetiere nicht mehr möglich war. Daher finden wir auch keine marine Fauna dieser Binnenmeere, sondern nur die spärlichen vom Lande hergeschwemmten Überreste von Landbewohnern.

Die Pflanzenwelt ist besonders reich entwickelt und zeichnet sich durch das Auftreten von Equiseten (Schachtelhalmen) und Cycadeen (Pterophyllum) aus. Muscheln und Schnecken sind sehr spärlich, Crinoiden, Brachiopoden und Cephalopoden fehlen vollständig. Unter den Fischen ist besonders ein Dipnoer (durch Lunge und Kiemen atmend), der Ceratodus, von Interesse, dessen lebender Vertreter in Australien entdeckt wurde, ferner ein kleiner Ganoidfisch, Semionotus, und eine Anzahl von Haifischarten (Hybodus, Acrodus u. a.). Am interessantesten sind die Bewohner des Festlandes, wahre Ungeheuer an Plumpheit und Größe. Von den Amphibien haben wir die letzten Stegocephalen, Labyrinthodonten genannt wegen ihres eigentümlich verworrenen Zahnbaues; da lebte Mastodonsaurus, ein Lurch von nahezu 5 m Länge mit 15 cm langen Eckzähnen, Cyclotosaurus und Metopias mit mehr als 2 m Länge, als die jüngsten Vertreter ihrer Sippe. Unter den Sauriern finden wir noch Nothosauriden von den zierlichen kaum 30 cm langen Formen bis zu Riesen von 4 und 5 m. Besonders eigenartig sind die Vorläufer der Krokodile, das mächtige Belodon und der zierliche Aëtosaurus, und als mißgestaltetste Ungeheuer treten nun auch die Dinosaurier mit dem gegen 5 m großen Zanclodon auf, ganz fremdartige Reptilien, halb aufrecht gehend, wie ein Känguruh, mit kleinem Kopf, langem Hals, ungeheuren bekrallten Hinterfüßen und einem Stützschwanz. In der obersten Schichte wurden in Württemberg auch die ersten Spuren von Säugetieren entdeckt (Microlestes und Triglyphus).

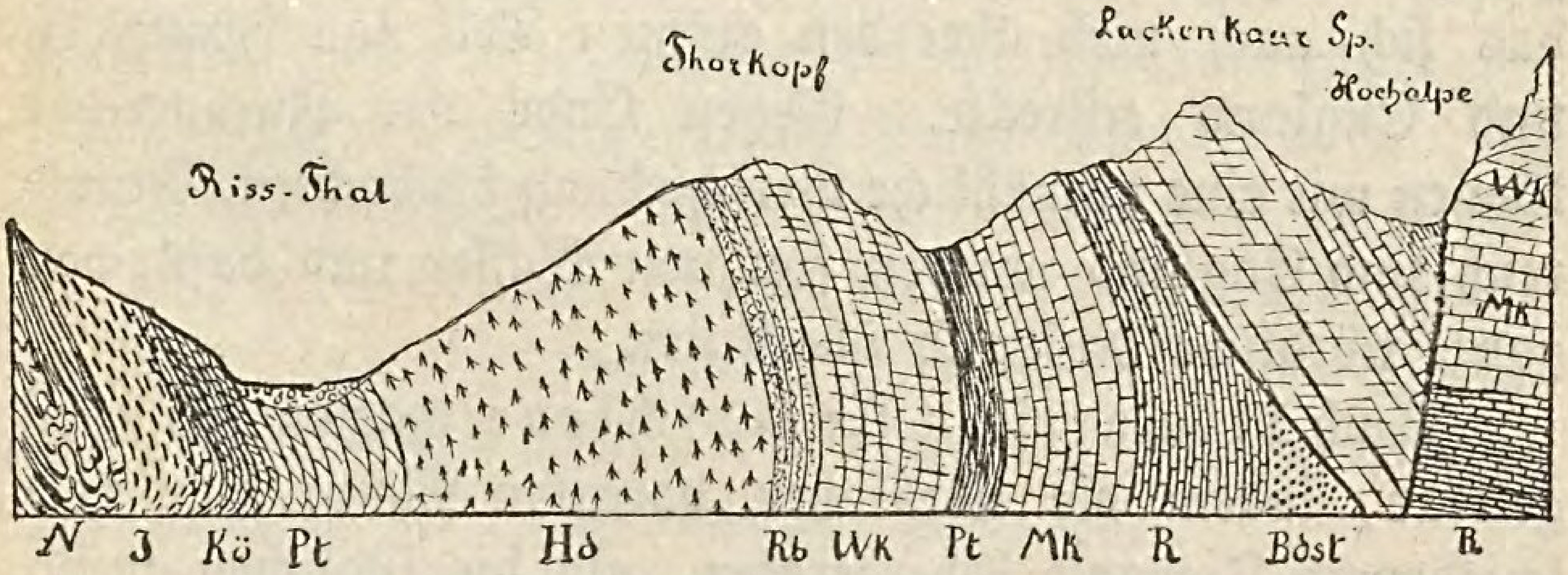
Wie beifolgendes Profil zeigt, wird der Keuper in eine Reihe von Unterabteilungen gegliedert; zu unterst liegt die Lettenkohle, hauptsächlich aus Mergeln mit kleinen Kohlen-

flötzen, Pflanzensandstein und dolomitischen Kalken bestehend. Über ihr folgt der bunte Keuper, dessen unterstes Glied Gipsmergel bilden, auf ihnen lagert der Schilfsandstein, erfüllt mit Equiseten; es folgen abermals sehr farbenreiche, meist rot und grün gefärbte Gipsmergel (rote Wand), dann weißer Sandstein, sog. Stuben- oder Burgsandstein mit Belodon und schließlich violette Mergel, das Lager des Zanclodon. Den Abschluß nach oben bildet die Rhätische Stufe, in Deutschland gewöhnlich als eine Knochenbreccie von wenigen Centimetern (Bonebed) oder als mariner Sandstein mit einer sehr leitenden Muschel, der Avicula contorta, entwickelt. So unbedeutend dieser Horizont ist, so ist er doch bei der Parallelisierung des außeralpinen Keupers mit dem alpinen Keuper von großer Wichtigkeit.

Ganz verschiedenartig von dieser sogenannten deutschen Trias sind die gleichaltrigen Ablagerungen in den Alpen, die sog. alpine Trias. Dort fluteten während der ganzen Triaszeit tiefe Meere, in welchen eine ausschließlich marine Tierwelt zur Entwicklung kam. Eine Fülle von Korallen, Brachiopoden, Muscheln, Schnecken und vor allem Ammoniten lebten in diesen Meeren, welche sich immer mehr von den paläozoischen Formen entfernen und die Zeit der höchsten Entwicklung der Ammoniten in der Juraperiode vorbereiten. Aber auch schon zur Triaszeit machte sich offenbar die Unruhe im Untergrunde geltend, welche später zur Erhebung des großen Faltengebirges führte, und die Ablagerungen wurden infolgedessen sehr schwankende. Während an der einen felsigen Stelle sich den Korallen Gelegenheit zur Bildung eines Riffes bot, lagerten sich an einer anderen mächtige Thon- und Mergelmassen ab. Vor allem aber überwiegen die Kalksteine, welche zum Teil enorme Mächtig-

keit erreichen und sich häufig durch Petrefaktenreichtum auszeichnen, während die gleichfalls sehr mächtigen Dolomitgesteine sich sehr arm erweisen.

Auf die verschiedenartigen Ausbildungen hier einzugehen würde zu weit führen, ich beschränke mich daher auf das beigegebene Profil und folgende Angaben: Der Buntsandstein und der untere Muschelkalk ist im großen ganzen ähnlich, wie in dem außeralpinen Gebiet. Durch einen Mergelhorizont (Partnach- und St. Cassianer-Schichten) getrennt folgt eine bis 1500 m mächtige Kalkablagerung, der Wettersteinkalk, welchem in den östlichen Alpen der Hallstätter Kalk entspricht. Es folgt abermals eine Mergelablagerung (Raibler Schichten), dann ein mächtiger Dolomithorizont, der Hauptdolomit. Den Abschluß nach oben bilden die rhätischen Schichten, welche in den Alpen eine ungemein große Mannigfaltigkeit und Mächtigkeit zeigen, aber die Avicula contorta mit den außeralpinen obersten Keupersandsteinen gemein haben.



Alpine Trias (Karwendel-Gebirge).

Bdst Buntsandstein. R Unterer Muschelkalk (Myophorienschichten). Mk Alpiner Muschelkalk. Pt Partnachschichten. Wk Wettersteinkalk. Rb Raibler-Schichten. Hd Hauptdolomit. Pt Plattenkalke. Kö Kößner-Schichten (Rhät). J Jura. N Kreide.

6. Die Juraformation.

Mit Ende der Triasperiode werden wieder die meist trocken gelegten Länder von neuem vom Meer überflutet, welches uns eine mächtige, meist rein marine Ablagerung hinterlassen hat in Form von Kalk und Sandsteinen, Mergeln und Schieferthonen.

Es ist interessant, dieses Übergreifen des Meeres über das Festland (Transgression) zu beobachten, welches in Deutschland von SW nach NO und O vor sich ging. In einer mächtigen Kette, dem Juragebirge, das sich von dem schweizer Jura bis zum Fichtelgebirge durchzieht, sind uns die Formationen in ihrer ursprünglichen Ablagerung erhalten. Aber auch im Norden von Deutschland fehlen sie nicht, nur treten sie nicht in einem derartig geschlossenen Zusammenhang auf, sondern sind auf wenige Lokalitäten beschränkt. Die mit den süddeutschen Gebieten übereinstimmende Entwicklung der Schichten läßt es aber wahrscheinlich erscheinen, daß ganz Deutschland von einem großen Jurameer bedeckt war, das sich auch noch über den größten Teil von Frankreich und England erstreckte. Gegen Ende der Juraperiode können wir eine allmähliche Verschiebung beobachten, Frankreich und England wurden frei von Wasser und dafür das ganze nördliche Rußland überflutet.

Auch klimatische Unterschiede machen sich schon geltend, indem die nördlichen borealen Meere eine verschiedenere Tierwelt beherbergten, als die südlichen mediterranen und äquatorialen Provinzen.

Der paläontologische Charakter des Jura läßt sich zusammenfassen als die Blütezeit der Ammoniten und Belemniten, sowie der großen Meersaurier. Zu

diesen gesellen sich noch Vertreter fast aller im Meere lebender Tiergeschlechter, Seeschwämme und Korallen bilden riffartige Anhäufungen; Seelilien, Seesterne und vor allem Seeigel sind in großer Anzahl vertreten, dazu die formenreichen Muscheln und Schnecken, die Krebse und Fische aus der Gruppe der Ganoidfische. Auch die Bewohner des Landes sind uns sowohl in den Küstengebilden der Solenhofer Schiefer, wie vor allem in den mächtigen terrestrischen Ablagerungen der Rocky-Mountains in Nordamerika erhalten; wir kennen eine Menge Insekten, und zwar Käfer, Heuschrecken, Fliegen, Spinnen u. a., welche sich zum Teil durch bedeutende Größe auszeichnen und an die heutigen in den Tropen lebenden Arten erinnern. Vor allem kamen auf dem Lande die Reptilien zur Entwicklung; da haben wir Schildkröten, Krokodile und Saurier, wie sie heute auf Neuseeland leben (Rhynchocephalia), daneben aber auch vollständig ausgestorbene Gruppen, wie die abenteuerlichen Flugsaurier (Pterodactylus und Rhamphorhynchus) und die schon beschriebenen Dinosaurier. Letztere werden besonders in den amerikanischen Ablagerungen gefunden und erreichen dort die kaum glaubliche Größe von über 12 m. Die Schenkelknochen dieser Riesen haben allein eine Höhe von 2 m (Atlantosaurus). Auch der erste gefiederte Vogel (Archaeopteryx) und kleine Säugetiere, welche in keine der jetzt lebenden Gattungen eingereiht werden können, wurden in Europa und Amerika gefunden.

Alles zusammengefaßt, darf der Jura als der Glanzpunkt der mesozoischen Formationen betrachtet werden. Man hat die Juraformation in 3 Glieder geteilt, welche nach ihrer vorwiegenden Gesteinsfärbung als schwarzer Jura oder Lias, als brauner Jura oder Dogger und als weißer

Jura oder Malm bezeichnet werden. In allen 3 Gliedern werden wieder eine Anzahl Unterabteilungen oder Horizonte unterschieden, welche sowohl durch ihre Gesteinsarten, wie durch ihre Leitfossile sicher auseinandergehalten werden können. Quenstedt hat für den schwäbischen Jura je 6 Unterabteilungen in jedem Gliede eingeführt, welche er nach dem griechischen Alphabet mit α bis ξ bezeichnet. Im allgemeinen genügt eine Einteilung im unteren, mittleren und oberen Lias, resp. Dogger oder Malm, (siehe Titelbild Profil der schwäbischen Alb).

Der schwarze Jura oder Lias.

Im Lias überwiegen Kalke und Thone von schwarzer Farbe, während die Sandsteine zurücktreten. Schon in den untersten Kalkbänken haben wir eine Fülle von Ammoniten, aus dem Geschlechte der Arieten und Aegoceraten, Formen mit ungeteilten, ziemlich geraden Rippen. Neben den Ammoniten treten hochgewölbte Austern (Gryphaea) in zahlloser Menge auf, während Terebrateln und Belemniten noch schwach vertreten sind. In den englischen Ablagerungen finden sich schon hier die zahlreichen Meersaurier und Fische, welche in Deutschland erst in den höheren Stufen häufig werden, dagegen in den untern Lagen sehr selten sind.

In den mittleren, meist durch Mergel und Thon gebildeten Liasschichten fehlen die Ammoniten der Arietengruppe, dagegen stellen sich die Amaltheen ein, Formen mit geschwungenen Rippen und einem zopfartigen Kiel auf dem Rücken. Auch die Belemniten, die fingerartig gebildeten Endstücke (sog. Phragmokone) der Schulpe von Tintenfischen, treten nun in zahlloser Menge auf, begleitet von Terebrateln, Rhynchonellen, Muscheln und Schnecken.

Der obere Lias zeigt uns eine Ablagerung von ausgezeichnet geschichteten Schieferthonen, in welchen uns die Versteinerungen fast immer plattgedrückt erhalten sind. Eine kleine Muschel (Posidonomya Bronni) ist das häufigste Leitfossil, unter den Ammoniten sind die Aegoceraten und Amaltheen verschwunden und an deren Stelle treten die Harpoceraten mit Sichelrippen und scharfem Kiel (Falciferen); ferner die ersten Stephanoceraten mit rundem Rücken und sich gabelnden Rippen, daneben die Phylloceraten und Lytoceraten mit glatten Umgängen ohne Kiel und Rippen, Ammoniten, welche besonders in den südlichen Jurameeren die Uebermacht über alle anderen Formen bekommen.

Auch eine prachtvolle große Seelilie (Pentacrinus) kommt in diesen Schichten häufig vor und bedeckt mit ihren Stielen und Kronen weite Flächen. Das größte Interesse bieten die zahlreichen Skelette von Wirbeltieren, welche hier nicht zerfallen, sondern in ihrem ganzen Zusammenhang vorkommen und ein klares Bild des früheren Tieres geben. Eine große Anzahl von Fischen, meist Ganoidfische mit Schmelzschuppen, werden gefunden, zusammen mit den Skeletten von großen Meersauriern. Der häufigste ist Ichthyosaurus, ein delphinartiger Saurier mit langer spitziger Schnauze, kurzem Hals und gestrecktem, walzenförmigem Leib, der in einem langen Ruderschwanz endigte; die Füße sind zum Schwimmen eingerichtet und wie bei den Walen als Paddeln entwickelt. Neben Ichthyosaurus findet sich besonders in England der Plesiosaurus, ein Nachkomme von Nothosaurus aus der Trias, gleichfalls ein Meersaurier, aber mit kleinem Kopf, unverhältnismäßig langem Hals und kurzem Leib mit starkem Schwanz und Ruderfüßen versehen. Er macht den Eindruck, als ob man

eine Schlange durch den Leib einer Schildkröte gezogen hätte. Der dritte im Bunde ist Teleosaurus, eine gepanzerte Krokodilart von gegen 3 m Länge.

Der braune Jura oder Dogger.

Die Gesteine dieses mittleren Jurgliedes bestehen meist aus Thonen, Sandsteinen und den sehr charakteristischen Oolith- oder Rogensteinbildungen, indem die Kalke gewöhnlich nicht als dichter Kalk ausgebildet sind, sondern aus einem Aggregat feiner concentrisch schaliger Körner bestehen. Allen diesen Gesteinen ist eine braune rostige Färbung eigen infolge von Eisengehalt, der manchmal so groß ist, daß es sich lohnt, das Erz bergmännisch auszubeuten (Eisenerze von Wasseralfingen, Lothringen und Luxemburg).

In dem unteren braunen Jura herrschen noch vielfach Thone vor, auf welchen dann im deutschen Juragebiet eisenschüssige Sandsteine, im westlichen französischen Jura mächtige Oolithbildungen (Hauptoolith) folgen. Die Leitfossile werden wieder von Ammoniten gebildet, unter welchen scharfkielige Harpoceraten herrschend sind (Ammonites opalinus und Murchisonae). Unter den Muscheln gewinnt das Geschlecht der Trigonien an Bedeutung, während die Saurier und Fische, sowie die Belemniten und Crinoiden in den Hintergrund treten.

Der mittlere braune Jura hat echte Stephanoceras-Arten unter den Ammoniten als Leitfossile (Ammon. Humphresianus). Die Belemniten wachsen zu den größten Formen (Bel. giganteus) heran, und unter den Muscheln erreichen Ostreen und Trigonien eine besonders reiche Entfaltung. An einzelnen Orten finden sich auch

große Korallenablagerungen in den Kalk- und Oolithgesteinen dieser Horizonte.

Der obere braune Jura schließlich ist charakterisiert durch die schöne Entfaltung der Stephanoceraten, mit dicken, nahezu kugeligen Formen (Ammon. Macrocephalus) oder reich verziert durch Knoten und Dornen (Ammon. ornatus). Neben den Ammoniten treten zahlreiche schöne Terebrateln, Muscheln, Schnecken und Belemniten auf, so daß diese Schichten zu den reichsten des braunen Jura gezählt werden dürfen. Die Macrocephalenschichten bestehen meist aus sehr eisenreichem Rogenstein, auf welchem dann die lichten Ornatenthone lagern, den kaum merkbaren Uebergang zum weißen Jura bildend.

Der weiße Jura oder die Malmformation.

In dem oberen Jura ändert sich der Gesteinscharakter vollständig, die Sandsteine, Oolithe und Schieferthone werden verdrängt, und an ihre Stelle treten lichtfarbige, reine und thonige Kalke und Dolomite, welche durch ihr langsameres Verwittern Veranlassung zu dem Steilabfall der Juraberge gegeben haben. Der Unterschied auch in paläontologischer Hinsicht zeigt sich sofort in dem unteren weißen Jura. Als herrschende Ammoniten tritt das Geschlecht der Perisphincten oder Planulaten auf, die Belemniten treten in den Hintergrund, während Terebrateln und Rhynchonellen an Artenreichtum zunehmen. Ganz neu ist aber die große Beteiligung der Seeschwämme oder Spongien an den Ablagerungen, welche so groß werden kann, daß der Kalk als Schwammkalk bezeichnet wird. In solchen Ablagerungen treten dann auch Echinodermen, sowohl Seelilien (Pentacrinus und Apiocrinus), wie Seesterne und vor allem die

schönen Seeigel (Cidaris, Diadema, Echinus u. a.) in großer Menge auf. Die ganze Fauna wird dadurch gegenüber dem unteren Jura eine vollständig neue.

In dem mittleren weißen Jura herrscht noch eine ganz ähnliche Zusammensetzung der Fauna, nur daß sich zu den Perisphincten noch weitere Ammonitengeschlechter reihen, von denen die flachen Oppelien oder Flexuosen und die dicken mit einzelnen Knoten versehenen Aspidoceras oder Inflaten besonders wichtig sind. Auch hier sind Spongienkalke sehr häufig und mächtig. Im fränkischen Jura ist diese Abteilung durch große Dolomitmassen vertreten, welche die schönen Bergformen und Höhlen der fränkischen Schweiz bilden.

Der obere weiße Jura wird dargestellt teils durch massige marmorartige Kalke oder Dolomite, in welchen sich häufig mächtige Anhäufungen von Korallen finden, die an Stelle der Spongien treten, teils aber auch durch dünnplattige Kalke mit sehr feinem Korne, welche als Solenhofer Schiefer oder Plattenkalke überall bekannt sind. Diese Schiefer waren zur Erhaltung der Ueberreste außerordentlich geeignet, und so finden wir in ihnen nicht nur Ammoniten, Tintenfische, Muscheln, Krebse, Fische und Saurier auf das beste erhalten, sondern sie bewahrten uns sogar die Abdrücke sonst ganz vergänglicher Tiere wie der Insekten und Würmer, ja sogar der zarten Meerquallen. Wie schon erwähnt (Seite 81), stellt die Fauna eine Mischung von Land- und Meertieren dar, und läßt auf eine Ablagerung in nächster Nähe des Landes schließen.

Die letzten Glieder des weißen Jura zeigen bereits eine Annäherung an die folgende Kreideformation und werden als Tithon bezeichnet. Dieser Charakter macht

sich besonders in den mediterranen Ablagerungen geltend, wie wir sie in den Alpen und Karpathen treffen. Dort bildet das Tithon eine geschlossene Ablagerung mit sehr charakteristischen Leitfossilien (Terebratula diphya und Ammonites elimatus).

7. Die Kreideformation.

Der Laie ist gewöhnt, unter den Kreide-Gesteinen sich nur jenen weißen erdigen Kalk, die Schreibkreide, zu denken; das ist jedoch ein ganz falscher Begriff, denn die Schreibkreide bildet nur einen ganz geringen Bestandteil der ungemein wechselnden Gesteinsarten in der Kreideformation. Viel häufiger sind Thone und Mergel, dazwischen Kalkbänke oder mächtige graue und schwarze Kalkmassen, sodann Sandsteine und nahezu lose, häufig grün gefärbte Sande, sog. Glaukonit- oder Grünsande. In Deutschland z. B. finden wir fast keine Schreibkreide, sondern nur Mergel, Kalke und vor allem Grünsande und Sandsteine, letztere bilden die mächtigen Kreideablagerungen der sächsischen Schweiz und werden dort als Quadersandstein bezeichnet.

Im großen ganzen herrschen in der Kreide die marinen Ablagerungen vor, doch fehlt es auch keineswegs an brackischen (Mischung von Meer- und Süßwasser) und terrestrischen Gebilden. In der marinen Tierwelt läßt sich ein langsamer Rückgang der im Jura leitenden Ammoniten und Belemniten beobachten, der sich in der Entwicklung merkwürdiger Zerrformen kennzeichnet. Während die Ammoniten des Jura eine in einer Ebene aufgerollte Schale darstellen, und zwar so, daß die Windungen satt aneinander anschließen, finden wir in der Kreide Formen, bei welchen sich dieser Zusammenhang löst, bald nur

in dem letzten Umgang (Scaphites) oder vollständig (Crioceras), auch Formen treten auf, welche spiral aufgewunden (Turrilites) oder vollständig gerade gestreckt sind (Baculites). Was die übrigen Tiergeschlechter betrifft, so haben wir zunächst eine enorme Fülle von Foraminiferen und Radiolarien zu verzeichnen, welche zwar mikroskopisch klein sind, doch mächtige Bänke zusammensetzen (z. B. Schreibkreide). Die Spongien und Korallen entwickeln sich weiter und erreichen einen großen Formenreichtum. Bei den Echinodermen treten die Seelilien und Seesterne vollständig in den Hintergrund gegenüber den Seeigeln, unter welchen neben den regulären Cidariten die irregulären (bilateral symmetrischen) Formen (Holaster, Spatangus und Echinoconus) vorwiegen. Die Brachiopodengeschlechter Terebratula und Rhynchonella erhalten sich mit vielen Abarten auf derselben Höhe wie im Jura. Die Annäherung an die Jetztzeit kennzeichnet sich durch das Vorwiegen der Muscheln und Schnecken, welche in den Vordergrund aller Schalentiere treten. Ebenso ist diese Annäherung bei den Fischen zu beobachten, indem hier die Ganoidfische überwogen werden von den Knochenfischen (Teleostei) und zahlreichen Knorpelfischen (Haien und Rochen). Die Blütezeit der Reptilien ist vorüber, es sind zwar alle jurassischen Ceschlechter noch durch einzelne Formen vertreten, die zum Teil zu riesiger Größe heranwachsen, aber sie bezeichnen nur die Endglieder einer aussterbenden Generation. So die Ichthyosaurier und Plesiosaurier (Pliosaurus mit gegen 10 m Länge) und die Dinosaurier mit dem 7 m großen Iguanodon, Megalosaurus und einigen amerikanischen Arten. Die Krokodile und Schildkröten allein entwickeln sich gleichmäßig weiter und dazu

tritt ein neuer schlangenähnlicher Riese, der Mosasaurus, der das noch fehlende Geschlecht der Schlangen einleitet. Aus dem Geschlechte der Vögel kennt man in Amerika einzelne noch mit Zähnen versehene Formen (Odontorniten), die Säugetiere dagegen sind noch eben so selten wie in der Juraperiode. Unter den Pflanzen des Festlandes bezeichnet das Auftreten von angiospermen Dikotyledonen (Credneria) in der Kreidezeit den Eintritt einer neuen Aera der Erdgeschichte.

Die klimatischen Zonen treten in der Kreidezeit noch viel deutlicher hervor, als im Jura, und es lassen sich südliche und nördliche Zonen unterscheiden. Während in der nördlichen Zone eine Mischung der erwähnten Tierwelt vorwaltet, gewinnt in der südlichen oder mediterranen Zone ein Muschelgeschlecht, die Hippuriten, eine solche Oberhand, daß alle anderen Formen dagegen in den Hintergrund gedrängt werden.

Die Einteilung der Kreide ist auf die französischen Verhältnisse begründet, wo wir eine volle Entwicklung sämtlicher Glieder übereinander haben, während in Deutschland die einzelnen Abteilungen selten in geschlossenem Zusammenhang auftreten, doch lassen sie sich nicht schwer mit den französischen Normalverhältnissen in Einklang bringen.

Untere Kreide. Sie ist gekennzeichnet durch einen allmählichen Übergang der oberjurassischen Tierwelt zu der echten Kreidefauna. In Norddeutschland kam es zu unterst zu brackischen und Süßwasser-Ablagerungen, dem Wealden oder Wälderthon und dem Hilssandstein, mit Muscheln, Schnecken und Resten des großen Iguanodon, während in andern Gegenden die marine Facies, das Neocom, vorwaltet. Darüber lagert der Gault, eine vor-

wiegend marine Ablagerung mit grünen Sandsteinen. Im Neocom und Gault bilden noch die Ammoniten, sowohl die geschlossenen wie die aufgerollten Formen, den wichtigsten Teil der Fauna. Unter den Muscheln sind die Inoceramus-Arten von besonderer Bedeutung (I. sulcatus) und neben ihnen noch Trigonien (Trigonia caudata).

Die obere Kreide wird in 3 Glieder eingeteilt, das Cenomon, Turon und Senon; im östlichen Deutschland, wo die Quadersandsteine vorwalten, spricht man von unterem, mittlerem und oberem Quader, zwischen welchen zwei Mergelzonen, der untere und mittlere Pläner liegen. Das Schwergewicht der Fauna liegt nun in den Seeigeln und den Muscheln, unter letzteren speciell wieder den Inoceramen. Im Cenomon treten in einzelnen Sandsteinen Laubhölzer auf, im Turon und vor allem im Senon finden sich die Ablagerungen der weißen Schreibkreide mit zahlreichen schönen Petrefakten, unter welchen die Seeigel und die letzten Formen der Belemniten sehr gute Leitfossile darstellen.

Wie schon erwähnt, ist die südliche Zone ganz verschieden von der nördlichen; dort herrschen die Muscheln aus dem Geschlechte der Chamiden vor, in der unteren Kreide durch Caprotina und Requienia vertreten, während in der oberen Kreide die sogenannten Rudisten (Hippurites, Radiolites und Sphaerulites) so massenhaft werden, daß sie viele hundert Meter mächtige Ablagerungen erfüllen (Hippuritenkalke). Von besonderem Reichtum sind die turonischen Korallenschichten der Gosau, welche in den dortigen Buchten zur Ausbildung kamen, und erfüllt sind von Korallen, Muscheln und Schnecken.

Viertes Zeitalter oder die känozoischen Formationen.

Dieses jüngste Zeitalter findet seinen Abschluß mit der Jetztzeit und zeigt die allmähliche Herausbildung unserer jetzigen Tier- und Pflanzenwelt, sowie der ganzen Erdoberfläche aus den Gestalten, welche im mesozoischen Zeitalter zur Entwicklung kamen. Für den Geologen kommen nur noch die Entwicklungsperioden selbst in Betracht, welche in die Tertiär- und Diluvialzeit fallen, während das fertige Bild des känozoischen Zeitalters, die Jetztzeit, von den Zoologen, Botanikern und Geographen erforscht wird.

In einer kurzen Charakteristik sind etwa folgende Momente gegenüber dem mesozoischen Zeitalter geltend zu machen. Auf der Erde machen sich ausgesprochene klimatische Zonen, sowohl in der Pflanzen- wie in der Tierwelt geltend. Die Pflanzen zeichnen sich durch die Entfaltung der angiospermen Dikotyledonen, der Laubhölzer, aus, gegen welche die Zahl der Gymnospermen eine verschwindend kleine ist. In der Tierwelt herrschen vor allem die Säugetiere mit dem Menschen als höchst entwickeltem Schlußglied; nicht minder sind die Vögel in großem Reichtum der Arten vertreten, während die Reptilien gegenüber den mesozoischen Geschlechtern sehr im Rückgang begriffen sind, nur die Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten haben noch Bedeutung. Unter den Amphibien sind Frösche und Salamandrinen an Stelle der Stegocephalia getreten, bei den Fischen gehören die Ganoidfische zu den größten Seltenheiten, während die Knorpel- und vor allem die Knochenfische in größtem Artenreichtum Meer und Süßwasser erfüllen. Unter den niederen See-

tieren herrschen nackte Tintenfische, Muscheln, Schnecken, Seesterne und Seeigel, und die Korallen werden durch die Entwicklung der Poriten und Madreporen befähigt, mächtige Riffe zu bauen. Vollständig verschwunden oder doch in der Tierwelt kaum bemerkbar, sind die Kieselschwämme, Seelilien, Brachiopoden und vor allem die Ammoniten und Belemniten.

8. Die Tertiärformation.

Das Tertiär stellt, wie schon erwähnt, den Uebergang von dem mesozoischen Zeitalter zur Jetztzeit dar, es steht aber in seiner Fauna und Flora schon viel näher der Jetztwelt, als derjenigen der Kreidezeit. Maßgebend hiefür ist vor allem die rasche Entwicklung der Säugetiere, welche nun eine entscheidende Rolle in der Tierwelt spielen, während in der Pflanzenwelt die Dikotyledonen mehr und mehr die Uebermacht über die übrigen Pflanzen gewinnen. Auch in der Gestaltung der Erdoberfläche geht eine Umwandlung und Annäherung an die Jetztzeit vor sich. Nicht nur daß sich die klimatischen Zonen immer schärfer herausbilden, ist zu bemerken, sondern es gestaltet sich auch zwischen Festland und Meer immer mehr das Verhältnis, wie wir es jetzt vor uns haben. Den größten Anteil daran nimmt die Bildung der heutigen Gebirgsketten zur Tertiärzeit (Alpen, Pyrenäen, Karpathen), welche zwar schon früher durch Brüche und Lockerungen des Bodens vorbedungen waren, aber erst zur Tertiärzeit ihre letzte und mächtige Emporpressung erfuhren. Hand in Hand mit der Bildung der tektonischen Gebirge kam es auch zu massenhaften vulkanischen Eruptionen, welche auf den Spalten empordrangen. Die Eruptionsmassen bestehen hauptsächlich aus Basalt, Phonolit

und Andesit-Gesteinen, welche teils als massige Kuppen und Domvulkane, teils aber auch schon als echte Stratovulkane abgelagert sind. Durch die Erhebung der Gebirge werden auch die Stromgebiete reguliert und der Abfluß und die damit verbundene Gesteinsabfuhr nach jenen Gebieten gelenkt, welche auch heute noch diesem Zwecke dienen.

Die Ablagerungen der Tertiärzeit sind natürlich von der verschiedensten Art; anfangs treten auch noch auf den heutigen Kontinenten marine Ablagerungen mit Kalken und Sandsteinen auf, welche sich allmählich auf die Niederungen und schließlich auf die Küstenlinien der heutigen Meere zurückziehen. Um so stärker sind dagegen die brackischen Bildungen und die rein terrestrischen Ablagerungen, bestehend aus den Absätzen von Quellen, den sog. Süßwasserkalken; sie sind erfüllt von Sumpf- und Landschnecken und den Resten von Säugetieren. Dazu kommen die großen Braunkohlenablagerungen, welche uns von der Ueppigkeit der Flora Kunde geben.

Die Schwierigkeiten, welche sich einer allgemeinen Gliederung des Tertiärs entgegensetzen, sind in die Augen springend, wenn wir an die Verschiedenartigkeit der Ablagerung selbst, wie an die Verschiedenheit des Klimas denken, unter welchen die betreffende Tier- und Pflanzenwelt gelebt hat. Es wird sich demnach immer mehr der Charakter von Lokal-Faunen und Floren ausbilden, wie sie ja auch in der Jetztwelt herrschen. Im allgemeinen läßt sich jedoch eine Gliederung in älteres Tertiär mit Eocän und Oligocän, und jüngeres Tertiär mit Miocän und Pliocän feststellen.

Die alten Tertiärgebilde Eocän und Oligocän zeigen in ihren marinen Ablagerungen schon bedeutende Abweichungen von der Kreide. Ammoniten, Belemniten und

nahezu sämtliche Brachiopoden sind verschwunden, und an ihre Stelle treten Muscheln und Schnecken, aber auch unter den Muscheln fehlen die früher leitenden Formen der Inoceramen, Rudisten und Trigonien. Außerordentlich gute Leitfossile finden wir dagegen unter den Foraminiferen in Gestalt der Nummuliten, bis thalergroße scheibenförmige Gebilde, welche im Innern ein spiral aufgerolltes System von Kammern zeigen. In den südlichen (mediterranen) Ablagerungen spielen die Nummuliten dieselbe Rolle, welche die Hippuriten in der Kreide gespielt haben.

Noch größere Bedeutung, besonders in Deutschland, gewinnen die terrestrischen Bildungen des alten Tertiärs, welche in Süddeutschland als Bohnerze in den Spalten des Jura liegen und in Norddeutschland als Braunkohlenformation ausgebildet sind. Die oligocänen Braunkohlen beherbergen eine Pflanzenwelt von echt tropischem Charakter mit Sequoia, Palmacites, Lorbeer, Ficus, immergrünen Eichen u. a.

Die Tierwelt wird beherrscht von den Säugetieren, unter welchen Paläotherium und Anoplotherium sehr charakteristisch sind, Huftiere, welche noch die Merkmale von Wiederkäuern, Dickhäutern und Schweinen in sich vereinigen. Neben diesen treten auch schon echte Beuteltiere, Nager und Fleischfresser auf. Den Reichtum der Insektenwelt lernen wir aus den Bernsteinschichten bei Königsberg kennen.

In dem jungen Tertiär, Miocän und Pliocän, nehmen die jetzt herrschenden Arten immer mehr zu. Die Pflanzenwelt des Miocäns in Europa zeigt noch einen subtropischen Charakter mit Palmen, Lorbeer, Myrten, Feigen, Pappeln, Ahorn, Nuß, Weiden, Birken und Eichen. Die Säugetiere zeigen weniger Sammeltypen, sondern

nähern sich in ihrer Form den jetzt lebenden, die Dickhäuter sind durch Mastodon, Dinotherium und Rhinoceros-Arten ohne Hörner vertreten; unter den Huftieren zweigen sich Antilopen und Pferde ab, auch echte Affen treten neben den zahlreichen übrigen Säugetiergeschlechtern der Jetztzeit auf.

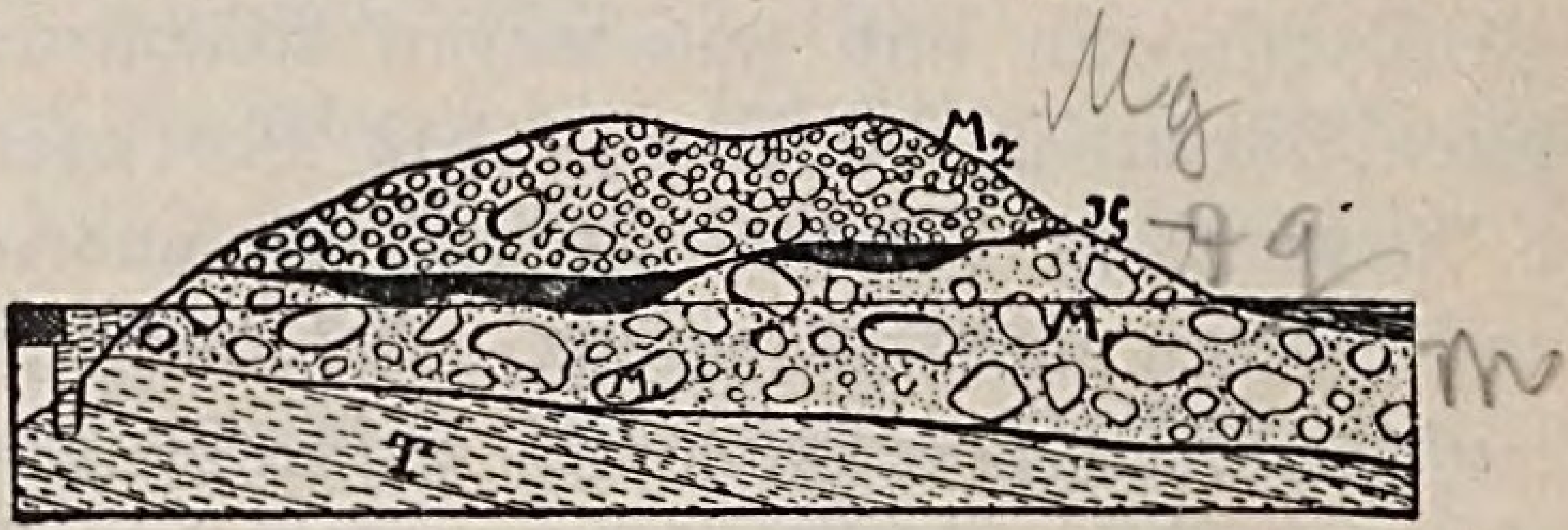
In Deutschland sind zwei marine Ablagerungen von besonderer Bedeutung, die eine — das Mainzer Becken in den Niederungen des Rheines und die andere — das Wiener Becken im Donaugebiet. Während ersteres sich mehr auf die Rheinebene beschränkt, griffen die Meeresarme des Wiener Beckens zur Miocänzeit noch tiefer in das Festland ein und schlossen sich an die Seebecken an, welche den Nordrand der Alpen umgaben.

Die vulkanischen Eruptionen der Tertiärzeit machten sich in Deutschland besonders geltend; sie bestehen aus den Phonolithgebieten der Eifel, den Basalten und Phonoliten des Siebengebirges, dem Vogelsgebirge, der Rhön, der Lausitz, sowie den vulkanischen Erscheinungen der Schwäbischen Alb, dem Hegau und dem Rieskessel.

9. Das Diluvium oder die Eiszeit.

Eine geologisch noch keineswegs genügend aufgeklärte Erscheinung ist es, daß auf die warmen Perioden des Tertiäres ein so großer Rückschlag in der Temperatur erfolgte, daß sich Gletschermassen ausbildeten, welche nun den größten Teil der gemäßigten Zone bedeckten. In ungeheuren Massen wälzte sich das Eis von Skandinavien her und bedeckte Norddeutschland bis zum Erzgebirge und dem Harz. Ganz Oberschwaben bis zur Donau war vom Rheinthalgletscher, Oberbayern von Lech-, Isar- und Inngletscher eingenommen, und im mittleren Deutschland suchten Inlandeis und

lokale Vergletscherungen Platz zu greifen. Wo noch freies Land übrig blieb, lebte eine nordische Tierwelt; das Mammut, ein langhaariger, mit unförmlichen Stoßzähnen bewaffneter Elefant, und das zottige Nashorn, nebst Höhlenbär, Hyäne und Löwe waren wohl die größten und stärksten



Diluvium

Kaibach-Einschnitt, an der Eisenbahnlinie Kißlegg-Wangen i. Allg.

T Tertiär (Miocäne Sande). M Alte Moräne. JG Interglaciale Zwischenschicht mit Torfletten und Spuren von Mammut, Rentier und Mensch.

M_2 Junge Moräne.

Tiere, aber schon tauchen neben ihnen die Spuren des Menschen auf, der ihnen nachsetzt und die Herrschaft über sie zu gewinnen sucht. Das Vordringen der Gletscher war ein doppeltes, zuerst erfolgte der stärkste Vorstoß, welcher ungeheure Massen von Gletscherschutt als Moränen mit sich führte und außerhalb der Berge ablagerte. Dann folgte eine Periode, in welcher die Gletscher sich weit zurückzogen, so daß sich auf den alten Moränen Torf und ähnliche Ablagerungen bilden konnten (Interglacial-Zeit), welche aber wieder von neuem durch die Gletscher überschoben wurden. So bekommen wir eine dreifache Ablagerung des Diluviums, die alte und die junge Moräne und zwischen beiden das sog. Interglaciale.

Mit der Eiszeit verschwindet auch das Mammut und Rhinoceros aus unseren Gegenden und zieht sich nach dem

Norden zurück, während allmählich die Verhältnisse der Jetztzeit Platz greifen. Aber die Bildung von neuen Schichten und Ablagerungen steht keineswegs stille, und man bezeichnet diese modernen Gebilde als **Alluvium**. Hierher gehören die Quellabsätze, die Schotter- und Sandablagerungen des Meeres und der Flüsse und vor allen die teils vom Wasser, teils vom Winde gebildeten Lehm- und Lößablagerungen.

So sind wir im raschen Fluge von den ältesten Urzeiten bis zur Jetztzeit durchgedrungen, von der Herrschaft jener unförmlichen Krebstiere, der Trilobiten, bis zur Herrschaft des Menschen, und haben den langsamen aber steten Entwicklungsgang verfolgt, der sich durch die ganze Erdschichte durchzieht und seinen Gipfelpunkt in der Jetztzeit und dem Menschen findet.

Zusammenstellung der wichtigsten Pflanzen- und Tierversteinerungen.

Auf den folgenden vier Tafeln soll eine Übersicht über das Pflanzen- und Tierleben gegeben werden. Es ist natürlich, daß es sich nur um eine ganz gedrängte Zusammenstellung handeln kann, und daß unter Tausenden von Arten nur eine einzige als Typus der ganzen Gattung herausgegriffen und abgebildet werden konnte. Immerhin können wir auch schon in dem engen Rahmen von 50 Figuren einen Entwicklungsgang beobachten, welcher sich in der Pflanzenwelt von den einfach gebauten Algen bis zu dem ersten Laubholz, in der Tierwelt von den einzelligen Urtierchen bis zu den Säugetieren verfolgen läßt. Freilich ist die Zusammenstellung eine rein botanische resp. zoologische, wobei das geologische Auftreten zunächst nicht berücksichtigt werden konnte. Denn obgleich wir annehmen dürfen, daß die Entwicklung der Tierwelt sich an die geologischen Perioden angeschlossen hat, so sind wir doch noch weit entfernt, dies an der Hand von Fossilien nachweisen zu können. Der Grund hiefür liegt zum Teil in der noch immer sehr lückenhaften Kenntnis der Versteinerungen, denn es sind trotz der großen

Thätigkeit immerhin nur sehr kleine und im Verhältnis zum Ganzen unbedeutende Gebiete, welche bis jetzt untersucht sind oder überhaupt untersucht werden können, da uns ja nur die äußersten zu Tage tretenden Partien der Schichten zugänglich sind. Der zweite noch wichtigere Grund, der uns die Hoffnung nimmt, später einmal eine vollständige Übersicht und Klarheit zu bekommen, liegt darin, daß uns von den Tieren überhaupt nur die harten Schalen oder Knochen erhalten sind, daß also die ungeheure Masse der schalenlosen Weichtiere, mit welchen jedenfalls die Entwicklung begonnen hat, unwiederbringlich verloren gegangen ist. So müssen wir uns mit den wenigen zum Teil für die Entwicklungsgeschichte recht wertlosen Hartbestandteilen begnügen; um so mehr ist dafür der Scharfsinn und die rastlose Arbeit anzuerkennen, mit welchen dieses Material zu dem großen Gesamtbilde verwertet worden ist.

Tafel I. Fossile Pflanzen.

Fig. 1. Chondrites aus den Liasschiefern von Kirchheim u. Teck in Württemberg. Typus einer versteinerten Meeresalge, die gleich den heutigen Tangen massenhafte Entfaltung und Verbreitung erreichte.

Fig. 2. Calamites. Hauptverbreitung in der Steinkohlenformation. Baumartige hochaufgeschossene Schachtelhalme vom Bau der heute noch lebenden Arten (S. 69).

Fig. 3. Sigillaria aus der Steinkohlenformation (restaurierter Baum). Mächtige Stämme, die teilweise die Kohlenflötze zusammensetzen. Die systematische Stellung ist unsicher (S. 69).

Fig. 4. Lepidodendron aus der Steinkohlenformation. Baumartiges Bärlappengewächs, sehr verbreitet in den Steinkohlen (S. 69).

Fig. 5. Annularia aus der Steinkohlenformation. Blätter, welche zu den Calamiten gehören.

Fig. 6. Odontopteris.

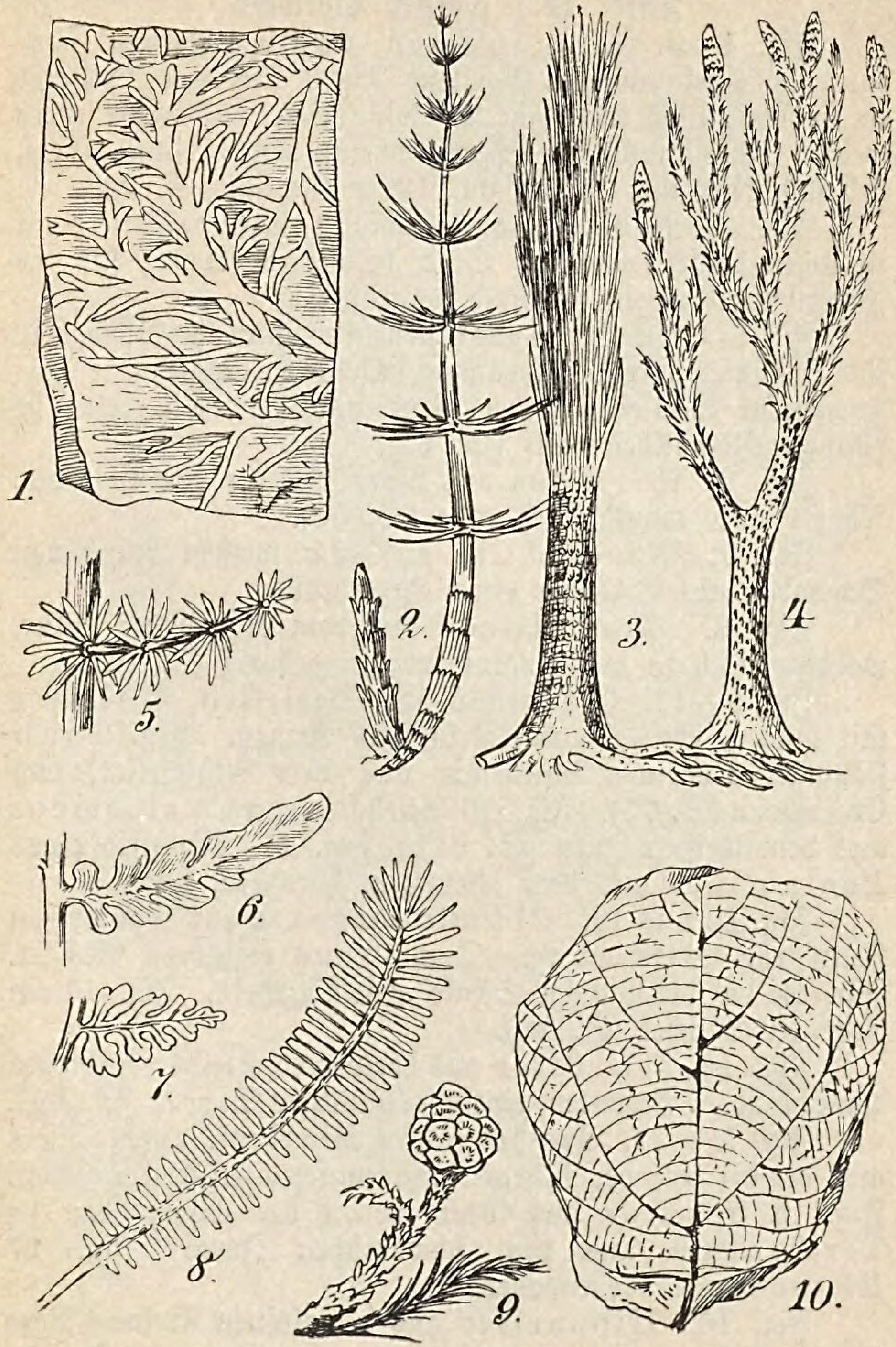
Fig. 7. Sphenopteris. Beides Blätter von fossilen Formen, welche in der Steinkohlen- und Triasperiode eine mächtige Entfaltung und Formenfülle bekommen (S. 69).

Fig. 8. Zamites oder Pterophyllum. Vertreter einer Cykadeen-Gattung der Trias- und Juraperiode (S. 77).

Fig. 9. Sequoia. Zapfen und Blätter aus dem Oligocän der Schweiz. Vertreter fossiler Coniferen aus der Gruppe der Taxusarten.

Fig. 10. Credneria aus dem Cenoman-Sandstein von Blankenburg im Harz. Diese Blätter, welche in die Gruppe von Ficus (Urticinae) gestellt werden, bezeichnen in Deutschland das erste Auftreten der Laubhölzer (S. 89).

Fossile Pflanzen.



Tafel II. Fossile Tierwelt.

Fig. 1—3. Foraminiferen, einzellige Urtiere (Protozoa) mit gekammerten Schalen. Fig. 1 Fusulina, Leitfossil im Kohlenkalk (S. 67). Fig. 2 Globigerina, massenhaft in der weißen Schreibkreide (15fach vergrößert). Fig. 3 Nummulites, gesteinbildend und leitend im älteren Tertiär (S. 94).

Fig. 4. Radiolarien, gleichfalls einzellige Urtiere mit zierlichen Kieselskeletten. Sind besonders wichtig für die Feuersteinbildungen (175fach vergrößert).

Fig. 5. Spongites aus dem weißen Jura von Schwaben. Die Spongien oder Seeschwämme sind nieder organisierte, aufgewachsene Seetiere; in der Jura- und Kreidezeit treten sie häufig gesteinbildend auf (S. 85).

Fig. 6. Halysites aus dem Obersilur von Gotland, Typus einer tabulaten Koralle (S. 59).

Fig. 7. Thecosmilia aus dem weißen Jura von Schwaben als Vertreter einer Hexakoralle.

Fig. 8. Graptolithen aus dem böhmischen Silur, wahrscheinlich zu den Hydroidpolypen gehörig (S. 62).

Fig. 9—11. Crinoiden oder Seelilien, Strahltiere mit langem Stiel, einem Kelch und Armen. Fig. 9 vollständiger Encrinus liliiformis aus dem Muschelkalk von Crailsheim (S. 75). Fig. 10 Stielglied eines Apiocrinus aus dem weißen Jura (S. 85). Fig. 11 Stielglied eines Pentacrinus aus dem schwarzen Jura (S. 83).

Fig. 12 und 13. Cidaris coronata aus dem weißen Jura von Württemberg. Typus eines regulären Seeigel. Fig. 12 die vollständige Schale ohne Stacheln. Fig. 13 ein einzelner Stachel (S. 86).

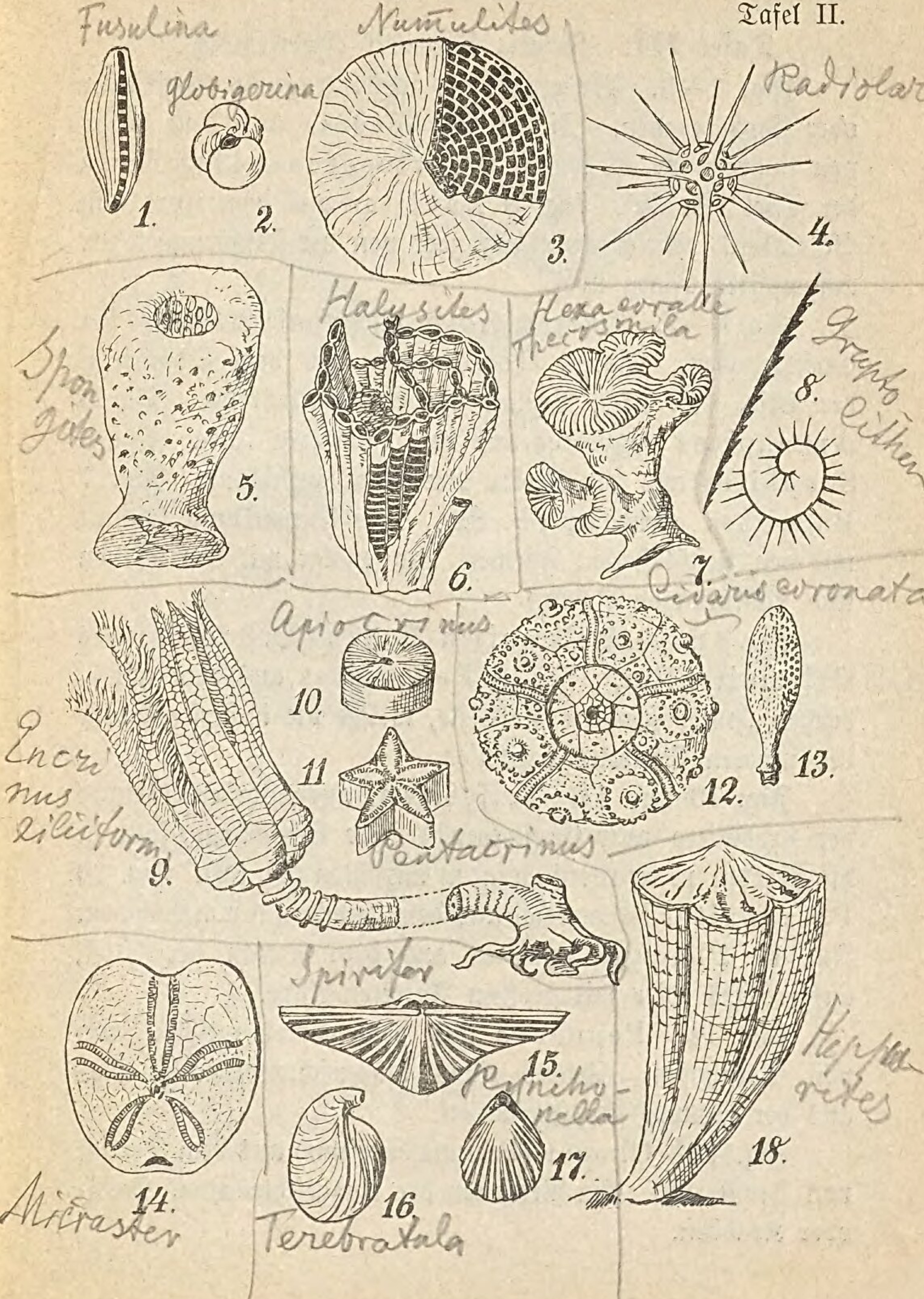
Fig. 14. Micraster aus der oberen Kreide von Norddeutschland. Vertreter eines irregulären Seeigel (S. 88).

Fig. 15—17. Brachiopoden oder Armkiemer, Tiere aus der Gruppe der Würmer mit muschelähnlichen Schalen. Fig. 15 Spirifer aus dem Devon der Eifel; Fig. 16 Terebratula aus dem schwäbischen Jura. Fig. 17 Rhynchonella ebendaher.

Fig. 18. Hippurites aus der alpinen Kreide. Vertreter einer gänzlich ausgestorbenen fremdartigen Gruppe von Muscheln (S. 90).

Fossile Tierwelt.

Tafel II.



Tafel III. Fossile Tierwelt (Fortsetzung).

Fig. 1—3. Nautiliden, schalentragende Kopffüßler oder Cephalopoden. Fig. 1 Orthoceras aus dem Silur von Böhmen (S. 62). Fig. 2 Cyrtoceras aus dem Devon der Eifel (S. 62). Fig. 3 Nautilus aus dem Jura von Schwaben. Die Entwicklung geht von der stabförmigen zur aufgerollten Form über.

Fig. 4—7. Ammonitiden, ausgestorbene Gruppe der Cephalopoden. Fig. 4 Goniatites aus dem Oberdevon der Eifel (S. 65), Beginn der Ammonitenreihe. Fig 5 Ammonites angulatus aus dem schwarzen Jura. Fig. 6 Scaphites aus der Kreide von Norddeutschland. Fig. 7 Baculites ebendaher (S. 88). Die Entwicklung beginnt mit den geschlossenen Formen und endigt mit den offenen und stabförmigen Arten.

Fig. 8 und 9. Belemniten (S. 82). Fig. 8 restauriertes Belemnitentier. Fig. 9 Belemnites aus dem schwäbischen Jura; schwarze Kalkkeile, welche die äußerste Spitze des inneren Skelettes darstellen.

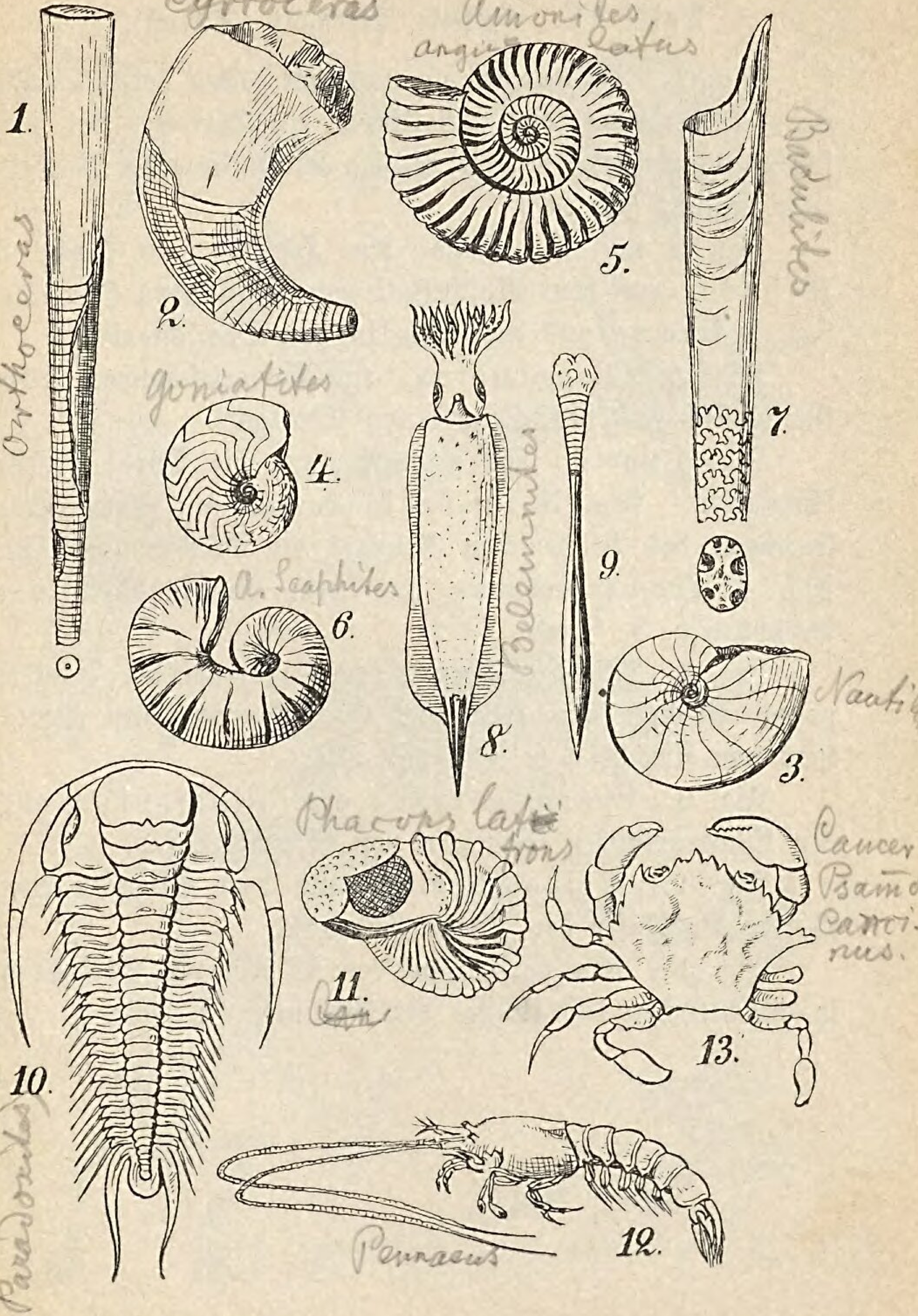
Fig. 10 und 11. Trilobiten, ausgestorbene Gruppe der Krebstiere oder Crustaceen. Ihre Entfaltung fällt in die ältesten petrefaktenführenden Schichten (S. 59). Fig. 10 Paradoxites bohemicus aus dem Cambrium von Böhmen. Fig. 11 Phacops latifrons aus dem Devon der Eifel, aufgerolltes Tier mit großem Facetten-Auge.

Fig. 12. Pennaeus aus dem oberen weißen Jura von Solnhofen. Typus eines langgeschwänzten Krebses aus der Gruppe der Garneelen.

Fig. 13. Cancer (Psammocarcinus) aus dem Tertiär von Frankreich. Ein Vertreter der kurzgeschwänzten Krebse oder Krabben.

Fossile Tierwelt (Fortsetzung).

Tafel III.



Tafel IV. Fossile Tierwelt (Schluß).

Fig. 1. Pterichthys aus dem „alten roten Sandstein“ (Oberdevon) von Schottland; ein Vertreter der seltsamen Panzerfische, mit welchen die Entwicklung der Wirbeltiere beginnt (S. 66).

Fig. 2 und 3. Zähne von Haifischen. Fig. 2 Hybodus aus dem Muschelkalk von Crailsheim (S. 77). Fig. 3 Lamna aus dem Miocän von Oberschwaben.

Fig. 4. Semionotus, ein Schmelzschuppen- oder Ganoidfisch aus dem Keuper von Stuttgart.

Fig. 5 und 6. Stegocephalen, die Vorläufer der Amphibien. Fig. 5 Branchiosaurus aus dem Rotliegenden des Plauenschen Grundes bei Dresden (S. 71). Fig. 6 Trematosaurus aus dem Buntsandstein von Bernburg a. d. Saale.

Fig. 7. Ichthyosaurus oder Fischsaurier; prachtvolles mit der Haut erhaltenes Exemplar aus dem oberen Lias von Kirchheim u. Teck (S. 83).

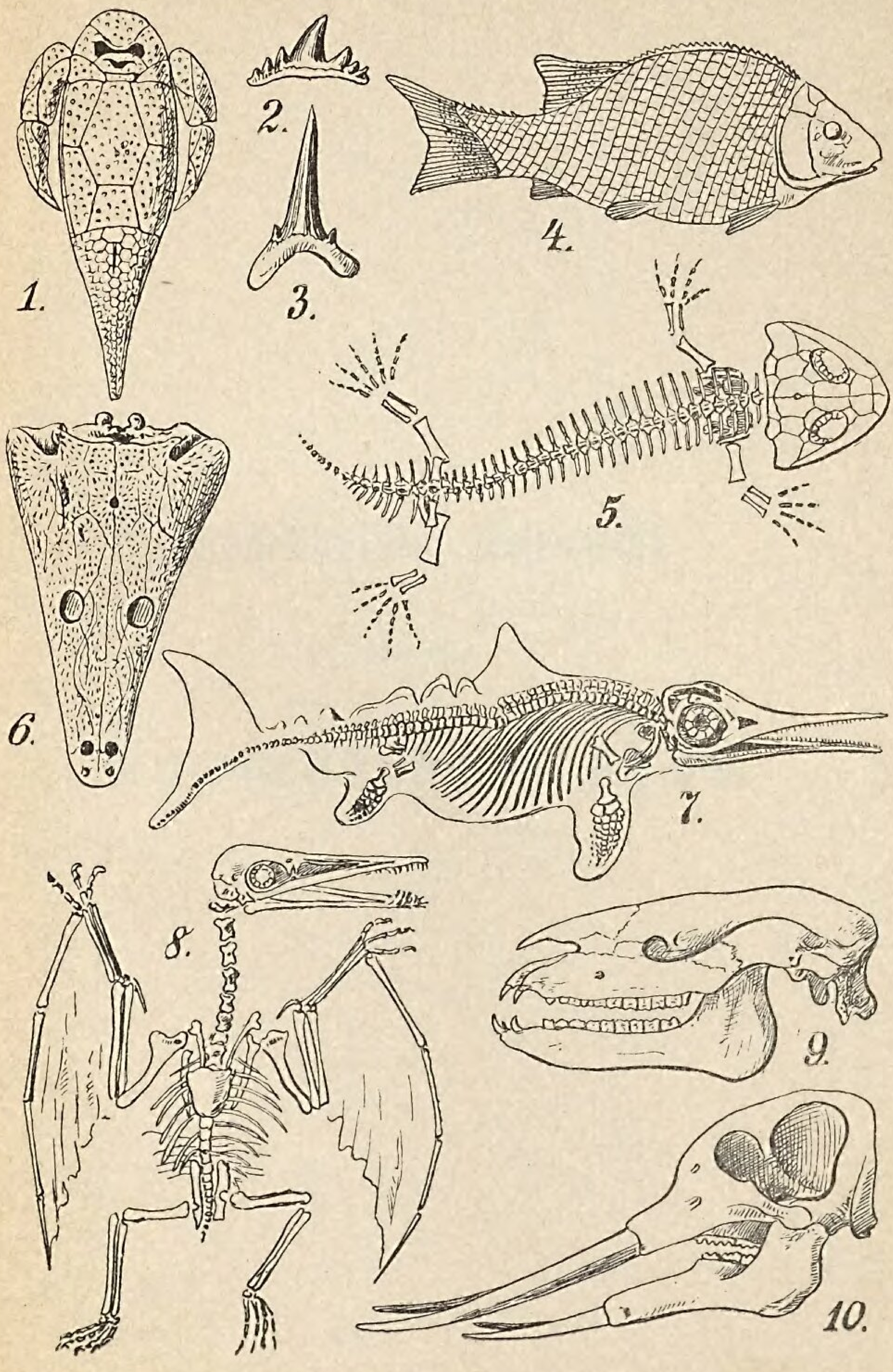
Fig. 8. Pterodactylus oder Flugsaurier aus den lithographischen Schiefern von Solnhofen (S. 81).

Fig. 9. Palaeotherium aus dem Oligocän von Paris; Vorläufer der Pferde (S. 94).

Fig. 10. Mastodon aus dem Miocän von Steinheim in Württemberg; Vorläufer der Elefanten (S. 95).

Fossile Tierwelt (Schluß).

Tafel IV.



Tabellarische Uebersicht

über die

Formationslehre.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Neuzeit		Alluvium.	Recente Ablagerungen von Flußschotter, Kies, Schlamm und Salzbildung an Seeen u. Meeren, Lößablagerung.	Herrschaft der Menschen.
Quartär oder Diluvium	Der Urmensch im Kampfe mit nordischen Tieren, Vordringen der Gletscher.	Jüngere Eiszeit, Interglaciale, Aeltere Eiszeit.	Moränen- und Lößbildung, lokale Torf- u. Braunkohle, große Moränenablagerung.	Rentier, Bos primigenius Mammut, Nashorn, Höhlenbär, erstes Auftreten d. Menschen in Europa, Bos priscus Equus.
Tertiär.	Uebergang zur Jetztzeit,	Jüngeres Tertiär: Pliocän,	Sande und Mergel, Basalteruptionen,	Dinotherium, Hipparion, Affen, Seemuscheln mit recentem Charakter, Pflanzen der warmen und gemäßigten Zone.
	Entwicklung der angiospermen Dicotyledonen oder	Jüngeres Tertiär: Miocän.	marine Cerithien-Sande u. Kalke, Süßwasserkalke mit Helix u. Littorinella, Haupt-	Mastodon, Rhinoceros (Aceratherium), Anchitherium, erste Geweih tragende

Tertiär.	Laubhölzer in der Pflanzenwelt u. in der Tierwelt die Entwicklung der Säugetiere,	Jüngeres Tertiär	Miocän,	Verbreitung der jungen vulkanischen Gesteine (Basalt, Phonolith und Trachyt),	Hirsche (Cervus furcatus), Halitherium, Pflanzen der tropischen Zone (Palmen, Bambus, Feigen, Lorbeer, immergrüne Eichen u. s. w.).
	Bildung der heutigen Kontinente und klimatischen Zonen.	Aelteres Tertiär	Oligocän,	Untere Meeresmolasse, Nagelfluhe der Schweiz, Bernsteinführende Mergel, Braunkohlenflötze von Norddeutschland und Bayern, Bohnerzbildungen der Alb, Gipse vom Montmartre bei Paris,	Anoplotherium u. Paläotherium, Schildkröten u. Krokodile, echt tropische Pflanzen in Central-Europa.
			Eocän.	London-Thon und Pariser Grobkalk, beides marine Sand-, Thon- und Kalkablagerungen, erfüllt mit Muscheln und Schnecken, am Mittelmeer: Nummuliten-Sandstein und Flysch der Alpen.	in Amerika: Säugetiere mit Sammeltypus (Oreodon), in Nord-Europa: Cerithium giganteum, Crassatella, Haifische, im Mittelmeer: Nummuliten, Conoclypus, Clypeaster, Chondriten des Flysch.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Kreide.	Erstes Auftreten von Laubhölzern, allmähliches Erlöschen d. charakteristischen mesozoischen Tiergeschlechter, Ammoniten, Belemniten und vieler Saurierarten,	Obere Kreide. Senon,	Mastrichter Tuffkreide, weiße Schreibkreide, Senon-Mergel u. Sandsteine von Norddeutschland, oberer Quadersandstein.	Belemnitella mucronata, Cöloptychium, Inoceramus. Crispi, Ananchytes ovata, Micraster coranguinum.
		Turon,	Schwarze u. weiße Kreidekalke, ob. Pläner u. mittlerer Quader.	Scaphites Geinitzi, Inoceramus labiatus.
			In den Alpen: Gosaukreide, und Hauptentwicklung des Hippuritenkalkes.	Hippurites cornuvaccinum.
		Cenoman,	Graue Kalke und glaukonitische Mergel (Grünsand v. Essen), Unterer Pläner und Quadersandstein.	Belemnites plenus, Ammonites cenomanensis, Amm. rhotomagensis, Pecten asper, Credneria, Salix u. Quercus.
	Trennung von südlicher	Untere Kreide Gault,	Gefleckte u. gestreifte Mergel (Flammenmergel), dunkle	Amm. mammilare, Turrilites, Inoceramus sulcatus.

Kreide.	und nördlicher klimatischer Zone,	Untere Kreide.	Gault,	Mergelkalke und Sande. In d. Alpen: Schrattenkalke (Aptien).	Caprotina (Requienia) Ammonia.
			Neocom,	In Deutschland: Hilsthon u. Sandstein, Wealdenthon u. Deistersandstein mit Steinkohlen.	Belemnites subquadratus, Ammonites noricus, Unionen u. Cypris, Iguanodon.
Jura.		Weißer Jura oder Malm.	Thiton oberster weißer Jura ε und ζ,	Solenhofer Schiefer, Kehlheimer und Stramberger Korallenriffe, Kimmeridge- und Purbeck-Schichten von Norddeutschland, Aptychen-Schiefer der Alpen.	Saurier u. Fische von Solenhofen, Diceraskalke, Korallen, Amm. elimatus, Terebratula diphya, Pteroceras Oceani, Exogyra virgula.
			mittlerer weißer Jura γ und δ,	Feste weiße Kalke in Schwaben, Dolomite in Franken, obere Oxford-Schichten von Norddeutschland.	Korallen, Spongien (Cnemidium), Amm. inflatus u. flexuosus, Cidaris florigemma.
			unterer weißer Jura α und β.	Weiße Kalke u. Thone, unt. Oxford-Schichten von Norddeutschland.	Ammon. planulatus, hexatinellide Kieselschwämme, Ammon. cordatus u. complanatus.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation		Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Jura	Blütezeit der Ammoniten und Belemniten, Korallenriffe u. Seeschwämme. Höchste Entwicklung d. Reptilien (Ichthyosaurus, Plesiosaurus, Krokodile, Schildkröten, Dinosaurier u. Flugsaurier) u. der Ganoidfische. Erstes Auftreten v. Knochenfischen,	Braun. Jura od. Dogger.	oberer brauner Jura δ, ε und ζ,	Graue Thone und Mergel, Eisenoolithe,	Ammon. ornatus, macrocephalus, Parkinsoni, Ostrea Knorri.
			mittlerer braun. Jura γ und δ,	Gelbe und braune Kalke, Hauptoolith-Bildung,	Amm. coronatus u. Humphresianus, Belemnites giganteus, Ostrea cristagalli.
			unt. braun. Jura α u. β,	Graue sandige Thone und eisenhaltige Sandsteine.	Ammon. opalinus u. Murchisonae, Trigonia navis.
		Schwarzer Jura oder Lias.	oberer Lias ε und ζ,	Graue Mergel u. schwarze bituminöse Schiefer, alpin: obere Adnether Kalke.	Amm. communis, bifrons, jurensis u. radians, Posidonomya Bronni, Ichthyosaurus, Plesiosaurus u. Teleosaurus.
			mittlerer Lias γ u. δ,	Dunkle Thone u. Cementmergel, alpin: Allgäu- und Hierlatz-Schichten.	Ammon. amaltheus u. capricornus, Belemnites paxillosus.
			unterer Lias α und β,	Dunkle Thone, schwarze Kalke u. gelbe Sandsteine, alpin: untere Adnether Kalke.	Amm. raricostatus, Bucklandi, angulatus, Gryphaea arcuata.

			Deutsche Trias:	Alpine Trias:	Deutsche Trias:	Alpine Trias:
Trias.	Entwicklung der Ammoniten, erste Säugetier,	Rhät,	Sandsteine u. Bonebed,	Dachsteinkalk, Kößner Mergel,	Avicula contorta, Microlestes,	Megalodon, Avicula contorta, Rissoen,
	Zeit der riesigen Endglieder der Stegocephalia und der Nothosaurier, Belodonten und Zanclodonten.	Keuper,	Knollenmergel Stubensandst., bunte Mergel, Schilfsandst., Gipsmergel,	Plattenkalk, Hauptdolomit,	Zanclodon, Belodon, Cyclotosaurus, Equisetum.	
		Lettenkohle,	Sandstein u. Dolomit,	Raibler Mergel, Kalke u. Dolomite,	Mastodonsaurus, Equisetum, Ceratodus,	Ostrea montis caprilis, Myophoria Whateleyae.
		Muschelkalk.	Hauptmuschelkalk, Anhydrit-Gruppe, Wellen-Kalk und Dolomit.	Wetterstein u. Hallstätter Kalksteine, Partnach-Mergel, Alpiner Muschelkalk.	Ceratites nodosus, Encrinus liliiformis Terebrat. vulgaris var. orbicularis.	Gyroporellen, Arcestes. Daonella Lommeli. Terebratula vulg., Retzia trigonella.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten		Leitfossile	
			Deutsche Trias:	Alpine Trias:	Deutsche Trias:	Alpine Trias:
Trias.			Röth,	Werfner Schichten,	Myophoria fallax,	Myophoria costata, Posidonomya Clarai,
		Buntsandstein.	rote Sandsteine.	Sandsteine.	Chirotherium	
Dyas od. permische Formation.	Ausklingen der paläozoischen Flora u. Fauna, Blütezeit der Stegocephalia und erstes Auftreten von Reptilien.	Zechstein,	Graue Kalke und Dolomite mit Gips- u. Salzlagern,		Productus horridus, Schizodus obscurus.	
		Kupferschiefer,	Schwarze, häufig mit Kupferkies imprägnierte Schiefer (Mansfeld).		Palaeoniscus Freieslebeni, Acanthodes, Xenacanthus.	
		Rotliegendes.	Weiße und fleischrote, auch gefleckte Sandsteine und Conglomerate.		Walchia piniformis, Archegosaurus, Branchiosaurus.	
	In den Meeren höchste Entfaltung der Encrinoiden u. großer Reichtum	Produktive Kohlenformation	Sandstein u. Conglomerate mit dazwischen gelagerten Steinkohlenflötzen,		Calamiten, Asterophyllum u. Sphenophyllum, Sphenopteris, Alethopteris, Sigillaria u. Lepidodendron,	

Carbon oder Steinkohl.-Formation	an Foraminiferen u. Brachiopoden,	Culm,	Sandsteine, Conglomerate u. Thone selt. m. Kohlenflötzen.	Calamites radiatus, Posidonomya Becheri.
	Auf dem Lande üppiges Wuchern v. Cryptogamen, erst. Auftreten v. Amphib. u. Insekt.	Kohlenkalk oder Bergkalk.	Schwarze Kalke mit Sandsteinen, Grauwacken und Thonen wechsellagernd.	Fusulina cylindrica, Pentatremites sulcatus, Palaeechinus, Productus semireticulatus, Goniatites sphaericus.
Devon.	Erlöschen der Trilobiten und Graptolithen. Auftreten der erst. Landpflanzen u. Vorläufer der Ammoniten. Periode d. Panzerganoiden und Blütezeit der paläozoischen Korallen und Brachiopoden,	Oberdevon,	Meist schwarze Kalke und Schiefer; in Schottland: Oberer alter roter Sandstein.	Clymenia undulata, Goniatites intumescens, Rhynchonella cuboides, Cypridinen, Osteolepis, Holoptychius, Coccosteus.
		Mitteldevon,	Schwarze Kalke und Hauptentwicklung d. Diabastuffe, Korallenriffe der Eifel.	Stringocephal. Burtini, Unsites gryphus, Cyatophyllum, Favosites, Cupressocrinus, Calceola sandalina.
		Unterdevon.	Grauwacken u. Quarzitische Sandsteine, Dachschiefer, Ockerkalke; in Schottland: Unterer alter roter Sandstein.	Spirifer cultrijugatus und macropterus, Orthis striatula, Pleurodictyum problematicum, Phacops latifrons.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Silur	Blütezeit der Trilobiten, Cystideen, Graptolithen und Nautiliden. Entwicklung der Brachiopoden u. Crinoiden, erste Panzerganoide.	Obersilur,	Sandsteine, Thonschiefer u. Kalk,	Ctenacanthus, Eurypterus, Phacops, Calymene, Encrinurus, Cardiola interrupta, Pentamerus oblongus, Monograptus.
		Untersilur oder Primordialzone,	Thonschiefer u. Grauwacken, selten schwarze Kalke,	Trinucleus, Asaphus, Beyrichia, Ogygia, Orthis vespertilio und testudinaria, Phyllograptus und Diplograptus.
		Cambrium.	Thonschiefer im Uebergang zu den Phylliten, Grauwacken, Quarzite u. selten Kalksteine.	Paradoxites, Conocephalus, Agnostus, Olenus u. Cheirurus, Nereites, Protospongia, Bryograptus.

Archäische Formationen siehe Tabelle auf Seite 58.

Alphabetisches Register.

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband. 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

103 **Wechselkunde** von Dr. Georg Funk. Mit vielen Formularen.

104 **Oesterreich. Geschichte** von der Urzeit bis 1526 von Prof. Dr. Franz v. Krones.

106 **Forstwissenschaft** von Prof. Dr Ad. Schwappach.

107 **Geschichte d. Malerei I.** von Prof. Dr. Rich. Muther.

108 **Geschichte d. Malerei II.** von Prof. Dr. Rich. Muther.

109 **Geschichte d. Malerei III.** von Prof. Dr. Rich. Muther.

114 **Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen.

116 **Plastik** von Dr. Hans Stegmann.

119 **Burgenkunde** von Hofrat Dr. O. Piper.

Urteile der Presse über „Sammlung Göschen".

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: ..... Nach den vorliegenden Bändchen stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen.

Natur: Es ist geradezu erstaunlich, wie es der rühmlichst bekannte Verlag ermöglicht, **für so enorm billige Preise so vorzüglich ausgestattete Werkchen** zu liefern. Das vorliegende Bändchen bringt in knapper und verständlicher Form das Wissenswerteste der **Mineralogie** zum Ausdruck. Saubere Abbildungen erleichtern das Verständnis.

Globus: Es ist **erstaunlich, wie viel diese kleine Kartenkunde bringt**, ohne an Klarheit zu verlieren, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß **viele Abbildungen** den Raum stark beengen. **Vortrefflich** wird die **Kartenprojektionslehre** und die **Topographie geschildert.**

Nationalzeitg.: Es ist **bis jetzt in der deutschen Litteratur wohl noch nicht dagewesen**, daß ein Leinwandband von fast 300 Seiten in vorzüglicher Druck- und Papierausstattung zu einem Preis zu haben war, wie ihn die „Sammlung Göschen" in ihrem neuesten Bande, **Max Koch's Geschichte der deutschen Litteratur** für den Betrag von sage **achtzig Pfennige** der deutschen Leserwelt bietet.

Leipziger Zeitung: Wer sich rasch einen guten Ueberblick über das Gebiet der deutschen Heldensage verschaffen will, ohne eigene intensivere Studien machen zu können, der greife getrost zu dem Büchlein von Jiriczek.

Prakt. Schulmann: Ein **Meisterstück kurzen und bündigen**, und doch **klaren** und **vielsagenden Ausdrucks** wie die „Deutsche

Litteraturgeschichte" von Prof. M. Koch ist auch die vorliegende „**Deutsche Geschichte im Mittelalter**".

Natur: In der **Chemie** von Dr. Klein empfängt der Schüler fast mehr, wie er als Anfänger bedarf, mindestens aber so viel, daß er das Wissenswürdigste als unentbehrliche Grundlage zum Verständnisse der Chemie empfängt. . .

Kunst f. Alle (München): K. Kimmich behandelt in seinem Bändchen, „Zeichenschule" benannt, in **knapper, kerniger, sachlich-zielbewußter Form** das weite Gebiet des bildmäßigen Zeichnens und Malens. . . . Gleich nutzbringend und in reichstem Maße bildend für Lehrer, Schüler und Liebhaberkünstler, möchte ich das **wirklich vorzügliche Werk** mit warmen anerkennenden Worten der Einführung in Schule, Haus und Werkstatt zugänglich machen. Die Ausstattung ist dabei eine so vornehme, daß mir der Preis von 80 Pfennigen für das gebundene Werk von 138 Seiten kl. 8° wirklich **lächerlich billig** erscheint. Nicht weniger als 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck, sowie 135 Voll- und Textbilder illustrieren den **äußerst gesunden Lehrgang** dieser Zeichenschule in **feinfühlender Weise.**

Schwäb. Merkur: **Prof. G. Mahler** in Ulm legt uns eine Darstellung der **ebenen Geometrie** vor, die bis zur Ausmessung des Kreises einschließlich geht. Besondere Sorgfalt ist der Auswahl und Anordnung der Figuren zu teil geworden, deren saubere Ausführung in 2 Farben angenehm berührt.

Globus: **Hoernes, Urgeschichte.** Der bewährte Forscher auf **vorgeschichtlichem Gebiete** giebt hier in knappster Form die lehrreiche Zusammenstellung des Wissenswertesten der Urgeschichte. **Vortrefflich geeignet zur Einführung und zum Ueberblick.**

Jahresberichte der Geschichtswissenschaft: Hommel, auf dem Gebiet der altorientalischen Geschichte eine anerkannte Autorität, behandelt in diesem Bändchen die morgenländische Geschichte mit großer Genauigkeit und wissenschaftlicher Gründlichkeit in knappster Form. Das kleine Büchlein muß warm empfohlen werden.

Lpzgr. Ztg. (Wissensch. Beil.): „Die **Pflanze" von Dr. E. Dennert** können wir bestens empfehlen. In kürzester, knappester, **sehr klarer und verständlicher Form** weiß sein Verfasser alles Wissenswerteste über den inneren und äußeren Bau und über die Lebensverrichtungen der Pflanze zur Anschauung zu bringen, wozu seine **ganz vortrefflichen, selbstgezeichneten Textabbildungen** außerordentlich viel beitragen helfen.

Schwäb. Merkur: Die **Römische Altertumskunde** von **Dr. Leo Bloch** behandelt kurz und klar die Verfassungsgeschichte, die Staatsgewalten, Heerwesen, Rechtspflege, Finanzwesen, Kultus, das Haus, die Kleidung, die Bestattung und andere öffentliche und häusliche Einrichtungen der Römer . . . .

Weimarsche Zeitg.: **Waltharilied.** Mit dieser Uebersetzung wird uns eine hochwillkommene und von Litteraturfreunden längst ersehnte Gabe geboten. . . . Von einer guten Uebersetzung ist zu verlangen, daß sie, **sinn- und** zugleich möglichst **wortgetreu**, ohne dem Urtext wie der deutschen Sprache Gewalt anzuthun, den Geist des Originals

klar und ungetrübt wiederspiegele. Dieser **Forderung gerecht zu werden, hat Althof in meisterhafter Weise verstanden.**

Blätter f. d. bayr. Gymn.-Schulw.: **Swoboda, Griech. Geschichte.** Schon der Name und der Ruf des Verfassers bürgt dafür, daß wir nicht etwa bloß eine trockene Kompilation vor uns haben, **überall zeigen sich die Spuren selbständiger Arbeit.**

Prakt. Schulmann: **Seyfert, Schulpraxis.** Es wird in **gedrängter Darstellung ein reicher, wohldurchdachter, den neuesten pädagogischen Bestrebungen gerecht werdender Inhalt** geboten und für den, der tiefer eindringen will, ist gesorgt durch reichhaltige Litteraturnachweise.

Zeitschr. f. d. Realschulw.: Es war ein glücklicher Gedanke der rührigen Verlagshandlung, die Abfassung des der Einführung in die **Arithmetik und Algebra** dienenden Bändchens ihrer „Sammlung" dem hochgeachteten Fach- und Schulmanne **Prof. Dr. Schubert** zu übertragen . . . . Der Verfasser wußte die Schwierigkeiten mit großem Geschick zu bewältigen, indem er durch einen **streng systematischen Aufbau** des arithmetischen Lehrgebäudes der Fassungskraft des Anfängers möglichst Rechnung trug und dabei nur das Hauptsächliche ins Auge faßte. — **Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik von Prof. Th. Bürklen** . . . . Die durch **reinen Druck** und **geschmackvolle Ausstattung** sich auszeichnende „**Formelsammlung**" wird infolge ihres **reichen vielseitigen Inhaltes, ihrer zweckentsprechenden Anordnung** und **orientierenden Gliederung** als Nachschlagebuch vorzügliche Dienste leisten.

Grenzboten: **Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul. Ein lehrreiches Büchlein**, das in seinen engen Wänden . . . . **eine Fülle von Sprachbelehrung bietet**, die jeden fesseln muß, der nur einigermaßen das Bedürfnis fühlt, sich über Sprachdinge Aufklärung zu verschaffen. Der Verfasser hat sich schon durch zahlreiche volkstümliche Bücher über die Sprache und ihr Leben bekannt gemacht, er hat eine ausgebreitete, sichere Kenntnis der Sprach- und Wortgeschichte, hat mit Ausdauer auf diesem Gebiete gesammelt und weiß seinen Stoff immer geschickt zu gruppieren und vorzutragen. . . .

Staatsanzeiger: Die **Römische Litteraturgeschichte** ist eine **geistvolle glänzende Arbeit.** Einsender hat dieselbe von Anfang bis Ende mit größtem Genuß durchgelesen und dabei Art und Entwicklung des römischen Schrifttums und damit des römischen Geisteslebens überhaupt besser und gründlicher verstehen gelernt, [illegible] durch manches vielstündige Universitätskolleg oder dickleibige Ha[illegible]cher.

Meteorologische Zeitschrift: Tr[illegible]bert hat in der **Meteorologie** seine schwierige Aufgabe vortrefflich gelöst. In allen Fragen vertritt er den neuesten und letzten Standpunkt.

Schweizerische Lehrerzeitung: Wer die **Perspektive** von Freyberger und das **Geometrische Zeichnen** von Becker durchgeht, wird seine Freude daran haben. So viel für so wenig Geld wird wohl kaum anderswo geboten. Die Illustrationen sind sauber und exakt. Der Text ist knapp und klar und auch da, wo er mehr andeutet als ausführt, anregend.

Fraas, Eberhard,

Geologie in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung Sammlung Gö
schen. 13. Bdch. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln

Stuttgart 1898